



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FERTILIZADORAS DE UN
CONSORCIO MICROBIANO EN CULTIVOS HORTÍCOLAS DE CICLO CORTO,
EN CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Romel Antonio Álvarez Gutiérrez

Br. Nemrod Bismarck Urroz Gutiérrez

TUTOR

Msc. Ing. José Mamerto Méndez Úbeda

ASESOR

Ing. Johana Lisseth O'Connor Mendoza

Managua, Nicaragua

Septiembre 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.162
Managua, 05 Julio del 2019

Bachilleres
ROMEL ANTONIO ÁLVAREZ GUTIÉRREZ
NEMROD BISMARCK URROZ GUTIÉRREZ
Su atención

Estimados (as) Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FERTILIZADORAS DE UN CONSORCIO MICROBIANO EN CULTIVOS HORTÍCOLAS DE CICLO CORTO, EN CONDICIONES DE INVERNADERO**. Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el (la) Ing. José **Mamerto Mendez Úbeda**, sea el (la) tutor (a) de su trabajo final.

La fecha limite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **07 de Enero del 2020**

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,

Dr. Ing. **Oscar Gutiérrez Somarriba**
Decano



CC: Protocolo
Tutor – Ing. José Mamerto Mendez Úbeda
Archivo*Consecutivo

Dedicatoria

A DIOS creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado, llenando mi vida y mi corazón de fuerza para resistir los tiempos de angustia.

A mis padres Julio Álvarez y Lucila Gutiérrez que siempre con sus consejos llenos de buenos valores me han brindado su apoyo incondicional, siendo fuente de motivación, dándome un ejemplo de fortaleza y perseverancia día a día.

A mis hermanos Diego Francisco Dinora del socorro, José Luis, Norlan Sebastián Karen Jodeyling y muy en especial Julio Cesar y Ana Jovelky quienes con su apoyo económico y ejemplos de superación personal han sido base fundamental y fuente de motivación e inspiración, a dar lo mejor de mí en cada etapa de mi formación.

Romel Antonio Álvarez Gutiérrez

Agradecimiento

A DIOS sobre todas las cosas por regalarme el don maravilloso de la vida, por concederme sabiduría, paciencia, perseverancia y tantas bendiciones, siempre fue mi fortaleza, en todo momento.

A mis padres y hermanos, que gracias a su apoyo incondicional, moral y económico han sido base fundamental en mi formación profesional durante los cinco años.

A mi novia Maricruz Acevedo, que, durante estos años, con sus oportunos consejos y motivación ha sido fuente de ánimo impulsándome a luchar por este sueño.

A nuestro tutor Msc. Ing. José Méndez y a nuestra asesora Ing. Johana O'Connor quienes con su dedicación nos han compartido sus conocimientos apoyándonos en la elaboración de nuestro proyecto de titulación.

A mis profesores quienes durante cinco años me transmitieron sus mejores conocimientos teóricos y prácticos, formándome como profesional exitoso y competitivo.

A todos mis amigos y compañeros de profesión en especial Carlos Obando, Marcos Vega y Yosdani Palacio quienes en alguna etapa me apoyaron compartiéndome sus conocimientos.

Romel Antonio Álvarez Gutiérrez

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo monográfico a Dios sobre todas las cosas quien me da la vida, es mi refugio con quien puedo contar ante pruebas y adversidades, su infinita misericordia me llena de su gozo y de paz, quien hace un mejor hombre de mí, a Dios sea la gloria.

El que habita al abrigo del Altísimo

Morara bajo la sombra del omnipotente.

Salmos 91

Al mismo tiempo dedico esta monografía, a mi hermosa familia, principalmente a mi madre, quien siempre ha estado en mis horas de desvelo, de fatiga y de mucha ansia, brindándome una palabra de aliento para continuar, sirviendo el pan sobre mi mesa para recuperar mis fuerzas, con el amor que solo una madre puede dar, sobre todo llevándome en sus oraciones y recordándome que existe un Dios que todo lo puede.

A mi padre, quien es una persona talentosa con abundante sabiduría, que ha compartido todos estos años esenciales para mi formación, siendo un ejemplo y orgullo a seguir, con sus consejos y muchos regaños, sin duda alguna ha construido desde mis cimientos un mejor hombre para servir a mi familia y a la sociedad.

¡Pero gracias a Dios, que nos da la victoria por medio de nuestro Señor Jesucristo! 1 Corintios 15:57

Nemrod Bismarck Urroz Gutiérrez

AGRADECIMIENTO.

Agradezco infinitamente a Dios por concederme la oportunidad de cumplir mis metas propuestas de formación profesional, revestirme con sabiduría y fuerza para poder superar las adversidades, gozar de buena salud y llenándome de vida el cual es el regalo más grande que me ha entregado.

En agradecimiento a la virtuosa familia que me rodea y que ha sido pilar fundamental en mi formación personal, en especial a mis padres: Bismarck José Urroz Soza y Juana Marítza Gutiérrez Núñez, quienes son un tesoro invaluable que enriquecen cada átomo de mi ser, con sus consejos y amor incondicional.

Al Msc.Ing. José Mamerto Méndez Úbeda, por confiar esta investigación y valioso tiempo, transmitir su conocimiento en la materia en distintas etapas de formación profesional, mi sincera gratitud y respeto.

A la Ing. Johana Lisseth O`Connor Mendoza, quien supo ser una maestra oportuna en todo momento, compartiendo consejos y aportes de conocimientos. A mis compañeros y amigos que por espacio no puedo mencionar a cada uno de ellos, han sido parte fundamental durante este largo proceso de formación profesional, compartiendo muchas vivencias, mis mejores deseos y éxito en sus también ansiados sueños por cumplir.

Porque todas las cosas proceden de él, y existen por él y para él. ¡A él sea la gloria por siempre! Amén Romanos11:36

Nemrod Bismarck Urroz Gutiérrez

RESUMEN

En Nicaragua como en otros países del mundo la necesidad de aumentar la cantidad y calidad de la producción agrícola sigue siendo un reto para los productores, ya que actualmente el uso de fertilizantes sintéticos ha causado daños al medio ambiente en recursos tan importantes, como la contaminación del suelo y agua, también la pérdida de la calidad de vida en los seres humanos, situación que ha despertado el interés de hacer nuevas investigaciones, aplicando otros sistemas de fertilización que sean más amigables con los ecosistemas como la inoculación de bacterias.

En esta investigación se realizó la evaluación del efecto de un biofertilizante microbiano formulado por cuatro bacterias, entre ellas: *Bacillus megaterium*, *Bacillus marisflavi*, *Exiguobacterium aurantiacum* y *Pseudomonas mendocina*, en cultivos hortícolas de ciclo corto tales como: Chiltoma (*Capsicum annuum* L.), pepino (*Cucumis sativus*) y rábano (*Raphanus sativus*) en condiciones de invernadero. Se realizó un diseño de cuatro bloques con tres tratamientos: Biofertilizante (TB), fertilizante químico (TQ) y un testigo absoluto (T0) que no recibió ningún tipo de fertilización.

Para el establecimiento de dichas plantas fueron necesarias garantizar condiciones óptimas para el desarrollo y producción bajo un modelo de agricultura protegida, haciendo uso de un invernadero tipo túnel en el cual se instaló un sistema de riego por goteo de botón tipo espagueti, además cuatro nebulizadores que fueron utilizados para disminuir las altas temperaturas en las horas críticas del día.

El sustrato utilizado fue esterilizado por el método de solarización por un periodo de 60 días, luego se efectuó siembra directa de rábano y pepino en maceteras plásticas; mientras tanto para chiltoma, se estableció un semillero en bandeja de polietileno de 108 cavidades donde estuvo por un periodo de 40 días, luego se trasplantó en macetera donde se completó el ciclo del cultivo.

Durante la etapa de desarrollo vegetativo y cosecha se tomaron un conjunto de variables en cada uno de los cultivos, con el uso del software InfoStat se realizó el análisis estadístico obteniendo como resultado que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, sin embargo, el tratamiento biológico sobresalió en las variables de desarrollo, diámetro del tallo, número de flores y número de hojas medidas durante la etapa de desarrollo. En variables de cosecha tuvo mejores resultados en peso del fruto, longitud del fruto y numero de frutos en el cultivo de chiltoma. Estos resultados son promisorios y demuestran que el biofertilizante puede ser una opción de fertilización.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES.....	3
III.	JUSTIFICACION	4
IV.	OBJETIVOS	6
4.1.	OBJETIVO GENERAL	6
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
V.	MARCO TEÓRICO.....	7
5.1.	DEFINICIÓN DE CONSORCIO MICROBIANO	7
5.2.	BENEFICIOS DE LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO	8
5.3.	FERTILIZANTE	8
5.3.1.	Biofertilizante	9
5.3.2.	Fertilizante sintético	11
5.4.	CULTIVOS	11
5.4.1.	Cultivo de chiltoma (<i>Capsicum annuum</i> L.)	11
5.4.2.	Cultivo de rábano (<i>raphanus sativus</i>),	16
5.4.3.	Cultivo de pepino. (<i>Cucumis sativus</i> .).....	20
5.5.	ESTUDIO ESTADÍSTICO DE VARIABLES.....	24
5.5.1.	Diseño de bloque.....	24
5.6.	INVERNADERO	25
5.6.1.	Definición de invernadero	25
5.6.2.	Tipos de invernadero	25
5.7.	RIEGO POR GOTEO	27
5.7.1.	Ventajas e inconvenientes del riego localizado por goteo	28
5.7.2.	Componentes de un sistema de riego por goteo	29
VI.	HIPOTESIS	30
6.1.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	30
6.2.	HIPÓTESIS ESTADÍSTICA.....	30
VII.	DISEÑO METODOLÓGICO	31
7.1.	LOCALIZACIÓN	31
7.1.1.	Macro localización	31

7.1.2.	Micro localización	32
7.2.	Diseño del experimento.....	33
7.3.	ESTABLECIMIENTO DE LOS CULTIVOS.....	34
7.3.1.	Instalación del invernadero	34
7.3.2.	Preparación y esterilización del sustrato	35
7.3.3.	Análisis fisicoquímico del sustrato	36
7.3.4.	Preparación y llenado de macetera	36
7.3.5.	Siembra de los cultivos	37
7.4.	CONDICIONES PARA EL CRECIMIENTO OPTIMO DE LOS CULTIVOS	38
7.4.1.	Control de malezas.....	38
7.4.2.	Fertilización biológica	39
7.4.3.	Fertilización química	39
7.4.4.	Instalación del riego.....	40
7.4.5.	Partes del sistema de riego utilizado para el experimento.....	41
7.4.6.	Monitoreo de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero.	42
7.5.	DETERMINACIÓN DEL EFECTO FERTILIZADOR A TRAVÉS DE MEDICIÓN DE VARIABLES.	43
7.5.1.	Variables de desarrollo	43
7.5.2.	Variables de cosecha	44
7.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	45
VIII.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	47
8.1.	ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS.....	47
8.1.1.	Resultado del uso de invernadero tipo Túnel	47
8.1.2.	Preparación y Análisis del sustrato.....	47
8.2.	ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE CRECIMIENTO	50
8.2.1.	Actividades culturales	50
8.2.2.	Sistema de riego por goteo.....	51
8.2.3.	Análisis de resultados de temperatura y humedad relativa	51
8.3.	RESULTADO DEL EFECTO FERTILIZADOR DEL BIOFERTILIZANTE EN VARIABLES EVALUADAS.....	52
8.3.1.	Cultivo de chiltoma	52
8.3.2.	Resultados del consorcio biofertilizante en cultivo de rábano	56

8.3.3. Resultados del consorcio biofertilizante en cultivo de pepino	62
IX. CONCLUSIONES.....	67
X. RECOMENDACIONES	69
XI. BIBLIOGRAFIA.....	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesamiento de reacciones complejas por una población individual....	7
Figura 2. Flor del cultivo de chiltoma.....	13
Figura 3. Fruto del cultivo de chiltoma.....	14
Figura 4. Partes de una planta de rábano.	18
Figura 5. Partes de una planta de pepino.	21
Figura 6. Partes de una flor de pepino.	22
Figura 7. Invernadero túnel.	24
Figura 8. Orientación de invernadero.	26
Figura 9. Ubicación departamento de Managua.....	31
Figura 10. Ubicación del sitio.	32
Figura 11. Diseño de bloques dentro del invernadero.	33
Figura 12. Invernadero túnel utilizado en el experimento.	35
Figura 13. Preparación y esterilización del sustrato.	35
Figura 14. Pruebas físicas del sustrato.	36
Figura 15. Preparación y llenado de maceteras.	36
Figura 16. Siembra de chiltoma en bandejas de germinación.....	37
Figura 17. Siembra manual de rábano.	37
Figura 18. Siembra cultivo de pepino.	38
Figura 19. Aplicación de biofertilizante microbiano y fertilizante químico.	39
Figura 20. Partes de un sistema de riego.....	41
Figura 21. Monitoreo de temperatura y humedad relativa.	42
Figura 22. Medición de variables de desarrollo.	43
Figura 23. Mediciones variables de cosecha.....	44
Figura 24. Condiciones de crecimiento para los cultivos.....	50
Figura 25. Análisis estadístico variables de desarrollo cultivo de chiltoma.	53

Figura 26. Análisis estadístico variables de cosecha cultivo de chiltoma.	55
Figura 27. Análisis estadístico variables de desarrollo cultivo de rábano.	58
Figura 28. Análisis estadístico variables de cosecha cultivo de rábano.	60
Figura 29. Análisis estadístico de variables de desarrollo en cultivo de pepino. ...	63
Figura 30. Análisis estadístico de variables de cosecha en cultivo de pepino.	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de chiltoma.	12
Tabla 2. Requerimiento edafoclimáticos cultivo de chiltoma.	16
Tabla 3. Clasificación taxonómica cultivo de rábano.	17
Tabla 4 Requerimiento edafoclimáticos cultivo de rábano.	19
Tabla 5. Clasificación taxonómica cultivo de pepino.	20
Tabla 6. Requerimientos nutricionales cultivo de pepino.	23
Tabla 7. Requerimientos edafoclimáticos cultivo de pepino.	24
Tabla 8. Diseño de bloques para estudio de variables.	25
Tabla 9. Dimensiones de un invernadero túnel.	27
Tabla 10. Resultados de análisis físicos del sustrato utilizado.	48
Tabla 11. Análisis químico del sustrato.	48
Tabla 12. Resultados de temperatura y humedad relativa tomadas en sitio.	51
Tabla 13. Resultados de análisis de varianza y prueba de Tukey en variables de desarrollo cultivo de chiltoma.	52
Tabla 14. Resultados análisis de varianza y prueba de Tukey variables de cosecha cultivo de chiltoma.	54
Tabla 15. Resultados de análisis de varianza y prueba de Tukey variables de desarrollo cultivo de rábano.	57
Tabla 16. Resultados análisis de varianza y prueba de Tukey variables de cosecha cultivo de rábano.	59
Tabla 17. Resultados Análisis de varianza y prueba de Tukey variables de desarrollo cultivo de pepino.	62
Tabla 18. Resultados análisis de varianza y prueba de Tukey variables de cosecha cultivo de pepino.	64

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de análisis físico-químico del sustrato y rangos de clasificación de nutriente.	i
Anexo 2. Esterilización del sustrato por método de solarización, monitoreo de temperatura del sustrato siembra de los cultivos, y fertilización e inoculación de las bacterias.....	vi
Anexo 3. Medición en variables de desarrollo, control de malezas, registro de temperatura-humedad relativa, desarrollo y floración.	viii
Anexo 4. Recolección de frutos en cultivos, toma de variables de cosecha.	x
Anexo 5. Promedios totales en variables de desarrollo y cosecha.....	xii

I. INTRODUCCIÓN

A finales del siglo XIX, la práctica de mezclar suelo con semillas, se convirtió en un método recomendado para inocular leguminosas en Estados Unidos; poco después, Nitragin registró la primera patente para inocular plantas con bacterias del género *Rhizobium spp.* En los años 1930's y 1940's, la inoculación con bacterias rizosféricas asociativas con cepas de los géneros *Azotobacter* y *Bacillus* fue utilizada a gran escala en Rusia y Europa del Este. Sin embargo, estas prácticas no tuvieron éxito y fueron abandonadas durante la Segunda Guerra Mundial (Barea *et al.*, 2005).

La agricultura bajo el modelo de producción convencional resulta cada día menos sostenible, afectando la parte ambiental, económica y social de las zonas y regiones donde se practica. El uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes químicos, sumado a la labranza inadecuada, la expansión de la frontera agrícola ha generado desgaste en los ecosistemas. A nivel mundial en general y en Nicaragua en particular, país predominantemente agrícola, para contrarrestar el efecto nocivo de estas prácticas, existe una nueva corriente que promueve el consumo y producción orgánica, como lo expresan numerosos autores que han planteado este tema (Barquero *et al.*, 2007).

Los costos de los insumos en la agricultura cada vez representan un mayor porcentaje entre los costos totales. Uno de los insumos que más refleja esta situación son los fertilizantes, ya que en los últimos años son los responsables de que los costos se hayan duplicado en muchos cultivos. La agricultura moderna requiere de tecnologías que provean productos seguros para la salud de los consumidores e inofensivos para el ambiente (Arguello *et al.*, 2011).

En ese contexto, el uso de enmiendas microbianas representa una opción amigable desde el punto de vista ambiental como alternativa a la aplicación de fertilizantes minerales solubles. Dichas enmiendas se producen a partir de microorganismos con diferentes capacidades promotoras de crecimiento vegetal y que en su conjunto reciben el nombre de microorganismos promotores de crecimiento vegetal (Beltran, 2014).

En el presente trabajo investigativo se evaluó el efecto fertilizador que tuvo el consorcio microbiano elaborado con un total de cuatro bacterias benéficas que son *Bacillus megaterium*, *Bacillus marisflavi*, *Exiguobacterium aurantiacum* *Pseudomonas mendocina* aplicado en condiciones de invernadero a tres cultivos hortícolas de ciclo corto como lo son la chiltoma (*Capsicum annuum* L.) variedad tres cantos, pepino (*Cucumis sativus*) variedad Poinset y rábano (*Raphanus sativus*) variedad crimson giant.

II. ANTECEDENTES

Aunque no se conocía la existencia de las bacterias, hasta que en 1683 Von Leewenhoek las describió, su utilización para estimular el crecimiento de las plantas se remonta siglos atrás. Teofrasto (287 a.C.) y Virgilio (30 a.C.) sugerían mezclar el suelo donde se habían cultivado leguminosas con suelo donde no se habían cultivado, para remediar sus defectos y adicionarle fuerza (S & W, 1975).

La producción de biofertilizantes se centra en países desarrollados donde es una práctica adoptada. Se fabrican por empresas gubernamentales o privadas e incluyen *micorrizas*, *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y agentes de biocontrol como *Trichoderma*. Los inoculantes son inocuos y se requiere de un cuidadoso manejo para no menguar su efectividad. En muchos países en desarrollo no hay industrias de inoculantes, lo cual hace aún más difícil su popularización. Además, en muchas áreas rurales hay una renuencia básica a usar bacterias y hongos como microorganismos benéficos, en estas culturas los microbios están asociados con enfermedades humanas y de animales (Grageda *et al.*, 2012).

En los diferentes países latinoamericanos, existe una amplia gama de factores tanto favorables como desfavorables que influyen en la calidad, producción y distribución de los biofertilizantes. En ocasiones, las empresas no cuentan con almacenes apropiados a gran escala o la estructura necesaria para su transportación. En otros, la tecnología e infraestructura para su producción no está desarrollada. Es evidente que se necesita un organismo regulatorio que ejerza un fuerte control de los inoculantes presentes en el mercado para evitar que el agricultor adquiriera productos de baja calidad (L & J, 1995).

En países como Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, los biofertilizantes constituyen la base de su producción de leguminosas. Uno de los cultivos más importantes es la soya, ésta presenta una alta acumulación de proteínas en la semilla que la convierte en el cultivo con la mayor demanda de N. Se estima que se requieren entre 70 y 80 kg N por Mg de grano.

III. JUSTIFICACION

En las últimas décadas se ha tomado conciencia del agotamiento de los recursos naturales debido a la explotación desmesurada de los mismos. En el ámbito agrícola, el objetivo es lograr altos rendimientos por unidad de superficie para satisfacer la creciente demanda de alimentos, sin considerar la sostenibilidad de la producción viabilidad técnica, rentabilidad económica y sin contaminación (Grageda *et al.*, 2012).

El uso de inoculantes biológicos (biofertilizantes), la incorporación de enmiendas orgánicas, las prácticas agrícolas que tienden a la conservación del suelo, la rotación de cultivos y el uso de leguminosas de cobertura, entre otras prácticas, pueden a largo plazo, contribuir a la recuperación de las poblaciones microbianas del suelo y con ello mejorar la calidad de este recurso (Cardozo *et al.*, 1992).

Dada la alta dependencia de fertilizantes importados en Nicaragua. El uso racional y sostenible de los insumos sintéticos, así como la diversificación de fuentes de fertilización, tal como lo es el uso de bioinsumos, constituyen una oportunidad para flexibilizar las estructuras de costos de producción agropecuarios a través de un enfoque integral. El papel de la biotecnología es desarrollar nuevas alternativas biológicas que beneficien los procesos humanos, nuestra misión es encontrar “sistemas de producción agrícola menos tóxicos como el uso de biofertilizantes que contribuirán a atenuar el uso de compuestos químicos perjudiciales además de reducir los costos de remediación ambiental y de producción” (Suquilanda, 2007 citado por (Salazar, 2009).

La utilización de biofertilizantes origina procesos rápidos, consumen poca energía y no contaminan el medio ambiente. Su uso representa una importante alternativa para limitar la administración de abonos químicos, menos rentables económicamente, a la vez que reduce su negativo impacto ambiental y mejora la productividad de los cultivos. A su vez, los biofertilizantes pueden ser de gran utilidad en la recuperación de los terrenos marginales para su aprovechamiento agrícola y forestal (Fernandez & Rodriguez, 2005).

En esta investigación se evaluó el rendimiento de tres cultivos hortícolas de ciclo corto, mediante la aplicación de biofertilizantes a base de consorcio microbiano elaborado con un total de cuatro bacterias benéficas que son *Bacillus megaterium*, *bacillus marisflavi*, *Exiguobacterium aurantiacum*, *Pseudomo mendocina*. El aporte de esta investigación es brindar una nueva alternativa de fertilización en cultivos Agrícolas tanto en pequeños como grandes productores.

IV. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de un consorcio microbiano, desarrollado a nivel de laboratorio con propiedades biofertilizantes en tres cultivos hortícolas de ciclo corto chiltoma (*Capsicum annuum* L), pepino (*Cucumis sativus*) y rábano (*Raphanus sativus*) en condiciones de invernadero.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Establecer los cultivos de ciclo corto chiltoma (*Capsicum annuum* L), pepino (*Cucumis sativus*) Y rábano (*Raphanus sativus*) en condiciones de invernadero.
- ✓ Garantizar las condiciones del crecimiento y desarrollo mediante actividades culturales para el seguimiento del cultivo según carta tecnológica (limpieza del cultivo, control de plagas, fertilizaciones, riego, condiciones de temperatura y ambientales del desarrollo).
- ✓ Determinar la respuesta de los cultivos a la fertilización biológica a través de medición de variables definidas del efecto del biofertilizante en el desarrollo y productividad de los cultivos chiltoma (*Capsicum annuum* L.), pepino (*Cucumis sativus*) y rábano (*Raphanus sativus*) en condiciones de invernadero.

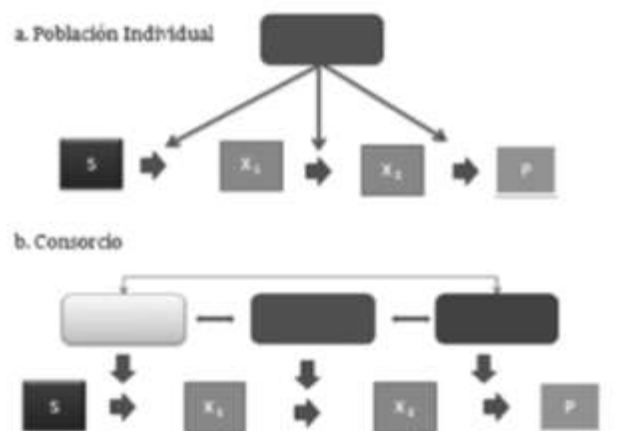
V. MARCO TEÓRICO

5.1. DEFINICIÓN DE CONSORCIO MICROBIANO

Un Consorcio Microbiano es una asociación natural de dos o más poblaciones microbianas, de diferentes especies, que actúan conjuntamente como una comunidad en un sistema complejo, donde todos se benefician de las actividades de los demás. La asociación refleja estilos de vida sinérgicos o sintróficos (que significa “comiendo juntos”) en el que el crecimiento y el flujo cíclico de nutrientes se conduce más efectiva y eficientemente que en poblaciones individuales (López *et al.*, 2007).

Los miembros de un consorcio se comunican el uno con el otro. Ya sea por el intercambio de sustancias o por señales moleculares, cada población detecta y responde a la presencia de otras dentro del consorcio, ejerciendo sobre ellas un control positivo o negativo en su crecimiento y/o metabolismo. División del trabajo. La producción total de

Figura 1. Procesamiento de reacciones complejas por una población individual.



Fuente: (Arguello *et al.*, 2011).

un consorcio depende de la combinación de tareas desempeñadas por los constituyentes individuales, es decir, por las poblaciones microbianas involucradas. Los consorcios microbianos pueden resistir mejor los periodos de limitación de nutrientes debido a la diversidad metabólica disponible por la diversidad de especies, combinada con la habilidad de compartir metabolitos dentro de la comunidad (Brenner & Arnold, 2008).

5.2. BENEFICIOS DE LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO

En el suelo, medio natural para el desarrollo de la vida: animal, vegetal y microbiana, existen aproximadamente 30.000 especies de bacterias, actinomicetos y hongos, de los cuales se conoce sólo el 10 por ciento. Son múltiples los beneficios que aportan los microorganismos del suelo, dentro de los cuales se destacan: la germinación de las semillas y el enraizamiento, la mayor disponibilidad de nutrientes, mejoramiento de la estructura del suelo, protección de la planta frente a tensiones de diversa índole, como, por ejemplo, el control biológico de enfermedades de las plantas (Martín, 1977).

5.3. FERTILIZANTE

Los fertilizantes de uso agrícola son materiales orgánicos o inorgánicos, de origen natural como yacimientos minerales o manufacturados en procesos químicos, los cuales tienen como objetivo suministrar a las plantas uno o varios de los elementos nutricionales requeridos para su crecimiento. Para que un producto sea considerado como fertilizante es indispensable que sea soluble y químicamente disponible para la planta, ya que de los 18 elementos nutricionales considerados como esenciales para las plantas, 15 de ellos son tomados en solución como iones (Perez, 2014).

El nitrógeno, fósforo y potasio son considerados los macronutrientes de las plantas porque estas los requieren en cantidades muy altas. Los macronutrientes son los elementos básicos en los programas de fertilización de la mayoría de los cultivos y generalmente son incluidos en las fórmulas completas de fertilizantes, las cuales se fabrican a partir N, P y K como componentes. La fertilización balanceada de estos nutrientes tiene gran efecto en el rendimiento de los cultivos (Molina & Melendez, 2003).

5.3.1. Biofertilizante

Se denomina biofertilizante a un producto que contiene uno o varios microorganismos, que al ser aplicado a la semilla o al suelo, incrementan su número y se pueden asociar de forma directa o indirectamente en las raíces de las plantas, estableciendo interacciones e incrementando el desarrollo vegetal y reproductivo de la planta. En ese sentido en el país se dispone de productos como micorrizas, solubilizadores de fósforo, fijadores de nitrógeno y algunos de uso múltiple como descomponedores de materia orgánica (Arguello *et al.*, 2011).

✓ Clasificación de los biofertilizantes

Los biofertilizantes influyen en los ciclos de los nutrientes, las características físicas del suelo y el desarrollo de la planta de tal forma que los podemos clasificar en los siguientes tipos:

- a. Fijadores de nitrógeno atmosférico.
- b. Mejoradores de la absorción de nutrientes por la planta.
- c. Solubilizadores de nutrientes del suelo.
- d. Transformadores y mineralizadores de la materia orgánica.
- e. Mejoradores de la estructura del suelo.
- f. Incrementadores de la resistencia de las plantas al estrés hídrico y a la salinidad.
- g. Liberadores de sustancias que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- h. Defensores de las plantas frente a plagas y enfermedades.

✓ **Ventajas de los biofertilizantes**

- a. Algunos son capaces de convertir nitrógeno elemental atmosférico a formas disponibles para ser utilizadas por las plantas.
- b. Algunos biofertilizantes solubilizan y mineralizan el fósforo presente en el suelo y en los materiales orgánicos, cambiándolo de formas no disponibles a formas disponibles para las plantas, logrando un aumento en su posibilidad de absorción.
- c. Muchos biofertilizantes también mejoran el desarrollo de las plantas, debido a que aportan sustancias como hormonas y vitaminas.
- d. Algunos biofertilizantes protegen los cultivos de varias de las enfermedades originadas en el suelo a través del control o supresión de sus efectos, debido a su capacidad antagonista contra algunos patógenos.
- e. Los biofertilizantes ayudan a que proliferen y sobrevivan otros organismos benéficos en el suelo.
- f. Algunos biofertilizantes del grupo de los actinomicetos mejoran las propiedades del suelo produciendo adherentes que facilitan la formación de agregados y también contribuyen a mantener la fertilidad del suelo.
- g. Disminuyen significativamente costos de fertilización por el incremento de la eficiencia en la toma de nutrientes por parte de la planta, lo cual está estrechamente relacionado con su estado de sanidad.
- h. Los biofertilizantes pueden complementar las aplicaciones de fertilizantes químicos, especialmente a través de aplicaciones foliares o en drench en situaciones de deficiencia por algún nutriente específico.
- i. Los biofertilizantes son amigables tanto para el hombre como para los ecosistemas en los cuales se aplican (Arguello *et al.*,2011).

5.3.2. Fertilizante sintético

Usualmente se refiere a un producto que contiene dos o más nutrientes y que ha sido fabricado mediante reacción o mezclado químico de materias primas. Generalmente involucra el uso de NH_3 y HNO_3 o H_3PO_4 . el fertilizante químico es un material muy homogéneo en composición químico y no es afectado por la segregación. También se le denomina Fertilizante complejo (Molina & Melendez, 2003).

5.4. CULTIVOS

5.4.1. Cultivo de chiltoma (*Capsicum annuum* L.)

✓ Origen

La chiltoma o chile dulce es originaria de las regiones tropicales y subtropicales de América, específicamente de la zona de Bolivia y Perú, donde se han encontrado semillas ancestrales de más de 7,000 años, y desde donde se ha diseminado a toda América. Durante la época precolombina, el cultivo de chile dulce se difundió por la mayor parte del continente y durante los siglos XV y XVI los colonizadores españoles y portugueses lo llevaron a Europa, África y Asia. Actualmente se cultiva en la mayoría de los países tropicales y subtropicales del mundo, siendo China, Estados Unidos y México los principales productores. Su cultivo a diferencia de lo ocurrido con otras solanáceas americanas, se expandió con gran rapidez (Laguna *et al.*, 2014).

✓ Taxonomía

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de chiltoma.

División	<i>Spermatophyta</i>
Línea XIV	<i>Angiospermae</i>
Clase A	<i>Dicotyledónes</i>
Rama 2	<i>Malvales – Tubiflorae</i>
Orden XXI	<i>Solanales (Personatae)</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Género	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>Annuum</i>
Nombre científico	<i>Capsicum annuum L.</i>

Fuente: (Linares, Serrano, & De Leon, 2018).

✓ Morfología

La planta de chile dulce es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta, y es autógama, es decir que se auto fecunda, aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada, es decir, ser fecundada con el polen de una planta vecina (Laguna *et al.*,2014).

a. Raíz

El chile dulce tiene una raíz pivotante, que luego desarrolla un sistema radicular lateral muy ramificado que puede llegar a alcanzar una profundidad de 90 a 120 cm (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 0.50 a 1.0 m (Laguna *et al.*, 2014).

b. Tallo

El tallo puede tener forma cilíndrica o prismática angular, glabro (desprovisto de pelos), erecto y con altura variable, según la variedad. Es de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura ("cruz") emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas y así sucesivamente) (Laguna *et al.*, 2014).

c. Hoja

Son simples, alternas, pequeñas, con limbo oval lanceolado de bordes lisos, color verde oscuro, aovadas, enteras. El haz es glabro (liso y suave al tacto), de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto (Laguna *et al.*, 2014).

d. Flor

Las flores son actinomorfas, hermafroditas, aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas (Figura. 2). Generalmente, en las variedades de fruto grande se forma una sola flor por ramificación, y más de una en las variedades de frutos pequeños (Laguna *et al.*, 2014).

Figura 2. Flor del cultivo de chiltoma.



Fuente: (Faranchuck, 2017).

Son pequeñas y constan de una corola blanca, el estigma generalmente está a nivel de las anteras, lo que facilita la autopolinización. La polinización es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10% (Laguna *et al.*, 2014).

e. Fruto

El fruto es una baya hueca con dos a cuatro lóbulos, los cuales forman cavidades entre la placenta y la pared del fruto con divisiones visibles, siendo la parte aprovechable de la planta (Figura. 3). Es de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco) (Laguna *et al.*, 2014).

Figura 3. Fruto del cultivo de chiltoma.



Fuente: (IICA, 2007).

Algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. También existe una diversidad de formas en los frutos (globosa, rectangular, cónica o redonda) pero generalmente se agrupan en alargados, tres cantos y redondeados. En casos de polinización insuficiente se obtienen frutos deformes (Laguna *et al.*, 2014).

f. Semillas

Las semillas se encuentran adheridas en el centro del fruto insertas en una placenta cónica de disposición central, son redondeadas, ligeramente reniformes, lisas, de color blanco crema a amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 mm, son ricas en aceite y conservan su poder germinativo durante tres o cuatro años. El número de semillas por gramo es de 130 a 150 (Laguna *et al.*, 2014).

✓ **Requerimientos nutricionales**

a. Nitrógeno

La chiltoma es una planta muy exigente en nitrógeno durante las primeras fases del cultivo.

b. Fósforo

La máxima demanda de fósforo coincide con la aparición de las primeras flores y con el período de maduración de las semillas.

c. Potasio

La absorción de potasio es determinante sobre la precocidad, coloración y calidad de los frutos, la demanda de este elemento aumenta progresivamente hasta la floración.

d. Magnesio

La chiltoma también es muy exigente en cuanto a la nutrición de Magnesio, aumentando su absorción durante la maduración del fruto (INATEC,JICA,INTA., 2008).

✓ **Requerimientos edafoclimáticos**

Tabla 2. Requerimiento edafoclimáticos cultivo de chiltoma.

Temperatura °C	15 – 30
Precipitaciones mm	900 -1200
Humedad relativa %	50 – 70
Suelo textura	Franco arenoso
pH	5.5 - 7.0

Fuente: (JICA,INATEC,INTA, 2008).

✓ **Variedad**

La variedad tres cantos es la variedad más cultivada en Nicaragua, por su ya mencionada aceptación en el mercado nacional y a su capacidad de resistencia al almacenamiento, debido a que el mercado final, generalmente se encuentra lejos de donde se cultiva.

La mayor parte producida en el valle de Sebaco es distribuida hacia Managua, por lo que la variedad tres cantos, por ser resistente permite el traslado, maximizando ganancias (Tinoco & Arauz, 2014)

5.4.2. Cultivo de rábano (*Raphanus sativus*),

✓ **Origen**

Aunque no existe un acuerdo sobre su origen, existen inscripciones botánicas en las pirámides egipcias que mencionan el rábano (2000 años A.C.) y Herodoto ya lo menciona hacia 2700 A.C. Posteriormente fue introducido en China hacia el año 500 A.C.

Se piensa que las variedades de rábanos de pequeño tamaño surgieron en el área mediterránea, mientras que los rábanos más grandes se pudieron originar en China o Japón. Se poseen datos concretos que demuestran que este cultivo tuvo gran importancia en la cultura china y en las civilizaciones egipcia y griega (INFOAGRO, 2007).

✓ **Taxonomía**

Tabla 3. Clasificación taxonómica cultivo de rábano.

Reino	Vegetal
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Brassicales</i>
Familia	<i>Brassicaceae</i>
Género	<i>Raphanus</i>
Especie	<i>Sativus</i>

Fuente: (AGROES, 2014).

✓ **Morfología**

Los rábanos son plantas herbáceas, anuales o bienales, cultivadas como anuales, alógamas de autoincompatibilidad variable. Raíz pivotante, desde periférica hasta napiforme, gruesa y carnosa, de carne blanca. Tallos erectos, fistulosos, de hasta 1,5 m de altura. Hojas basales en roseta de 5-30 cm de longitud, lirado, pinnatisectas, con lóbulos desiguales e irregularmente dentados. Hojas caulinares menos lobuladas y dentadas, de 25-40 x 10-15 cm, con peciolo más cortos que los de las hojas basales. Flores con pedicelos de 7-0 mm, en racimos axilares y terminales. Sépalos oblongo-lineares, de 6-10 mm de longitud. Corola de 1,5-1,7 cm de diámetro. (AGROES, 2014).

a. Raíz

De escaso desarrollo radicular, pues las raíces pueden encontrarse a una profundidad entre los 5 y 25 cm., aunque en algunas ocasiones la raíz principal puede llegar a tener una profundidad de un metro y las laterales hasta de 90 cm (Nasevilla, 2010).

b. Tallo

Durante la fase vegetativa suele ser corto, con hojas que forman una corona, luego se alarga llegando a medir entre 80 y 120 cm.

de altura, de forma variable cilíndrica de color verde (Nasevilla, 2010).

c. Hoja

Las hojas son de pecíolo largo y de forma ovalada, de borde dentado y el ápice más grande, con unos pocos pelos, con 1-3 pares de segmentos laterales de borde irregularmente dentado (Nasevilla, 2010).

d. Flores

Dispuestas sobre pedicelos delgados ascendentes, en racimos grandes y abiertos; sus sépalos son erguidos; los pétalos pueden ser de color blanco, rosado, violeta y en algunas ocasiones amarillas, tiene 6 estambres libres, estilo delgado con un estigma ligeramente lobulado. Generalmente el rábano es cosechado antes de que llegue a la fase reproductiva, sin embargo, para la producción de semilla, sí es necesario que produzcan flor (Nasevilla, 2010).

Figura 4. Partes de una planta de rábano.



Fuente: (MURCIA, 2004).

e. Fruto

El fruto es silicua indehisciente de 3-10 cm. de longitud, esponjoso, con un pico largo. Semillas globosas o casi globosas, rosadas o castaño-claras, con un tinte amarillento, cada fruto contiene de 1 – 10 semillas. Bajo buenas condiciones de almacenamiento las semillas pueden conservarse de 3 a 4 años (Nasevilla, 2010).

✓ **Requerimientos nutricionales**

El rábano es un cultivo muy exigente a un adecuado balance nutricional del suelo, debido fundamentalmente a su ritmo de crecimiento y el poco desarrollo de su sistema radical. Algunos autores plantean que sus requerimientos están comprendidos entre: 60-120 Kg/ha de nitrógeno ,40 – 100 Kg/ha de P₂O₅ y 70- 140 Kg/ha de K₂O y para lograr 100 Kg. de producción las sustancias nutritivas extraídas diariamente son de: 16,6 g de N, 6,0 g de P₂O₅ y 17,0 g de K₂O (INFOAGRO, 2007).

✓ **Requerimientos edafoclimáticos**

Tabla 4. Requerimiento edafoclimáticos cultivo de rábano.

Temperatura °C	6 – 30
Altitud msnm	300 -3500
Humedad relativa %	60 – 80
Suelo textura	Franco arenoso
Ph	5.5 - 6.8

Fuente: (Nasevilla, 2010).

✓ **Variedad**

Crimson Giant de raíz grande y de forma redonda, con pulpa suave y crujiente, puede cosecharse a los 30 días después de siembra (AGROMEAT, 2009).

5.4.3. Cultivo de pepino. (*Cucumis sativus*.)

✓ Origen

El pepino es un vegetal originario de la India que se cultiva en el norte de Asia desde hace 3.000 años, su cultivo se extendió a Grecia e Italia, para después llegar a China. Su introducción al resto de los países europeos probablemente se debió a los romanos quienes eran grandes consumidores de pepino y lo fueron introduciendo a medida que avanzaban sus conquistas (Lara, 2013).

✓ Taxonomía

Tabla 5. Clasificación taxonómica cultivo de pepino.

División	<i>Embriophyta, Asi phonograma, Criptógamas vasculares</i>
Subdivisión	<i>Angiosperma</i>
Clase	<i>Dicotiledoneas, Simpetales, tetraciclicas</i>
Orden	<i>Cucurbitales</i>
Familia	<i>Cucurbitecea</i>
Género	<i>Cucumis</i>
Especie	<i>Sativus L</i>
Nombre científico	<i>Cucumis sativus L.</i>

Fuente: (López, 2003).

✓ MORFOLOGIA

El pepino (*Cucumis sativus* L.), es una planta herbácea anual, su sistema radical que consta de una raíz principal que alcanza hasta 1.20 m, ramificándose principalmente entre los primeros 0.20 y 0.30 metros (Arreaga *et al.*, 1996).

a. Raíz

El sistema radicular consiste en una raíz principal que alcanza de 1 .0 a 1 .2 m de largo, ramificándose en todas las direcciones, principalmente entre los primeros 25 a 30 cm del suelo (López, 2003).

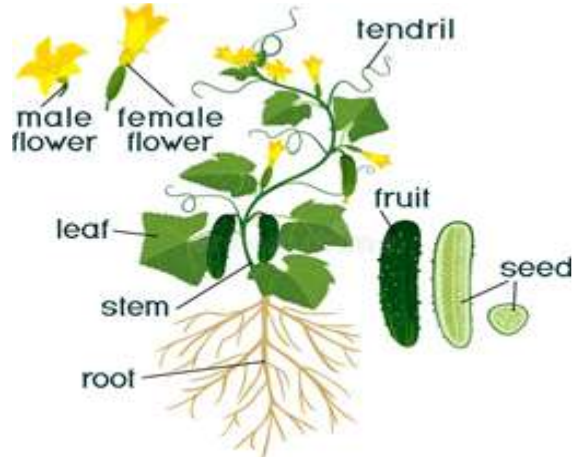
b. Tallo

Es una guía con zarcillos con un eje principal que da origen a varias ramas laterales principalmente en la base entre los primeros 20 y 30 cm dividiéndose en ramas laterales primarias y secundarias. Son tallos que pueden alcanzar 3.5m de longitud en condiciones normales. Los zarcillos ayudan a la planta a sujetarse a la superficie (López, 2003).

c. Hoja

Son simples acorazonadas, pecioladas, palmo nervadas, alternas, pero opuestas a los zarcillos, son ásperas y poseen de 3 a 5 lóbulos angulados y triangulares, epidermis con cutícula delgada que minimiza la transpiración excesiva (López, 2003).

Figura 5. Partes de una planta de pepino.



Fuente: (Lauyana, 2000).

d. Flor

Contiene flores de ambos sexos en la misma planta, por lo que se le considera monoica, de polinización cruzada; algunas variedades presentan flores hermafroditas, Al inicio se presentan solo flores masculinas en la parte baja de la planta, al centro, en igual proporción, las flores masculinas y femeninas y en la parte superior predominan las femeninas. Las flores masculinas como las femeninas se sitúan en las axilas de las guías secundarias (López, 2003).

Las masculinas tienen el cáliz acorazonado con 5 dientes acuminados en forma de lesna, corola adherida al cáliz, en forma de campana, venosa, arrugada y con 5 divisiones; el disco central es trígono, truncado, cubierto por los estambres, que son en número de 3 (López, 2003).

Las femeninas tienen la corola y el Cáliz igual que las masculinas, 3 filamentos estériles, un estilo y 3 estigmas bífidos, generalmente días cortos, temperaturas bajas y suficiente agua, inducen a la formación de mayor número de flores femeninas; pero si los días son largos, temperaturas altas y sequía, estas condiciones favorecen la formación de flores masculinas (López, 2003).

Figura 6. Partes de una flor de pepino.



Fuente: (Guzman, 2014).

La polinización se efectúa en el ámbito de campo, principalmente a través de las abejas. La productividad del cultivo dependerá en gran medida de la cantidad de flores femeninas que tenga, pues estas mismas se convertirán en frutos (López, 2003).

e. Fruto

Se considera como una baya falsa (pepónide), alargado cilíndrico, mide entre 15 y 35 cm de longitud, según el cultivo. Es un fruto carnoso color blanco en su interior y el exterior de color verde oscuro o Claro, ásperos y verrugosos; en el estadio joven los frutos presentan en la superficie espinas falsas de color blanco o negro, cerosas; en su estadio juvenil que con el tiempo se caen, es el punto óptimo de la cosecha y en su estadio de madurez presentan un color amarillo (López, 2003).

f. Semilla

Es ovalada de color blanca amarillenta, está protegida por una cubierta dura, su tamaño es de 8 a 10 mm de longitud con grosor de 3 a 5 mm (López, 2003).

✓ **Requerimientos nutricionales**

Para realizar las fórmulas de fertilización es necesario tener en cuenta tres aspectos fundamentales: el contenido nutricional de los materiales a utilizar (fertilizantes, abonos y/o enmiendas), los requerimientos nutricionales de las plantas y el contenido nutricional del suelo. Se debe tener un balance nutricional de todos los elementos necesarios para el desarrollo del cultivo (INTAGRI, 2001).

Tabla 6. Requerimientos nutricionales cultivo de pepino.

Requerimientos nutricionales del pepino			
macronutrientes		micronutrientes	
	Gramo/m ²		Gramo/m ²
N	14	Fe	60
P ₂ O ₅	2.6	Mn	40
K ₂ O	18	Cu	50
Ca	2.3	Zn	30
Mg	1.3	B	20
S	3		

Fuente (INTAGRI, 2001).

✓ Requerimientos edafoclimáticos

Tabla 7. Requerimientos edafoclimáticos cultivo de pepino.

Temperatura °C	14 – 40
Altitud msnm	0 – 1200
Humedad relativa %	60 – 70
Suelo textura	Arcillo arenoso a franco
pH	5.5 - 6.8

Fuente: (Hidrovo, 2016).

✓ Variedad

La variedad poinset es una planta herbácea anual de porte rastrero o trepador que emite zarcillos en los nudos, las hojas son grandes de pecíolos y limbo trilobulado con los bordes dentados, su fruto carnoso es de piel verde de forma cilíndrica y alargada de sección circular o casi triangular y carne blanca (AgroNorte, 2013).

5.5. ESTUDIO ESTADÍSTICO DE VARIABLES

5.5.1. Diseño de bloque

Según (Gemmell, 2002) al estudiar la influencia de un factor-tratamiento en una variable de interés puede ser importante eliminar (controlar) estadísticamente la influencia de un factor que puede influir en la variable respuesta. Para ello se utiliza el concepto de **bloque**, que se basa en seleccionar niveles de esta

Figura 7. Invernadero túnel.



Fuente: (EBAY, 2015).

variable y aplicar en cada uno de ellos todos los niveles del factor principal, de esta forma disminuye la variabilidad residual o no explicada.

Tabla 8. Diseño de bloques para estudio de variables.

	Bloq 1	Bloq 2	Bloq 3
Trat 1	Y11	Y12	Y1j
Trat 2	Y21	Y22	Y2j
Trat 3	YI1	YI2	YIj

Fuente: (Gemmell, 2002).

5.6. INVERNADERO

5.6.1. Definición de invernadero

Es una construcción agrícola de estructura metálica, usada para el cultivo y/o protección de plantas, con cubierta de película plástica traslúcida que no permite el paso de la lluvia al interior y que tiene por objetivo reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en el interior. Los invernaderos pueden contar con un cerramiento total de plástico en la parte superior y malla en los laterales (HIDRO ENVIRONMENT, 2015).

5.6.2. Tipos de invernadero

Las características y formas del invernadero estarán dispuesta por las condiciones climáticas (temperatura, luz solar, lluvia y aire) y orografía, conforme a lo mencionado se establece la orientación de la estructura Oeste–Este como se muestra en la figura 8 (HIDRO ENVIRONMENT, 2015).

Debido a esto puede intentarse una clasificación según criterios, (por ejemplo, materiales para la construcción, tipo de material de cobertura, características de la techumbre, etc.). De lo anterior, los tipos de invernaderos más comunes o utilizados en el mundo se encuentran:

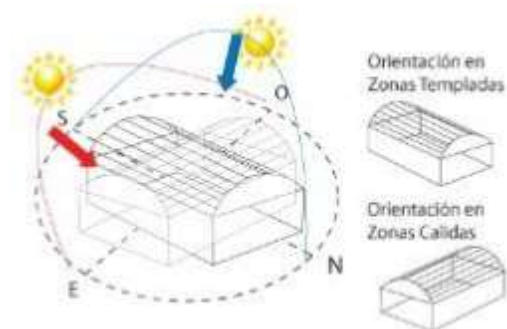
- a. Invernadero-túnel.
- b. Invernadero capilla (a dos aguas).
- c. Invernaderos en diente de sierra.
- d. Invernadero capilla modificado.
- e. Invernadero con techumbre curva.
- f. Invernadero tipo “parral” ó “almeriense”.
- g. Invernadero “holandés” (tipo Venlo).

✓ Invernadero-túnel

Es difícil establecer una línea divisoria entre lo que es un invernadero y un macro túnel, por no existir un parámetro definido, en México gracias a la norma mexicana que da definido como invernadero (HIDRO EVIRONMENT, 2015).

En general, de acuerdo a diferentes opiniones al respecto, podemos definir como invernadero aquella estructura que supera los 2,75-3,00 m³/m². Se trata de invernaderos que tienen una anchura y altura variable, encontrándose en el mercado modelos importados con las siguientes dimensiones.

Figura 8. Orientación de invernadero.



Fuente: (HIDRO EVIRONMENT, 2015).

Tabla 9. Dimensiones de un invernadero túnel.

Ancho (m)	Altura del cenit (m)	Altura total (m)
3-5	1.5	
6	2.5	1.3
8	3.2	1.7
9	3.3	1.7

Fuente (HIDRO EVIRONMENT, 2015).

✓ **Ventajas**

- a. Alta resistencia a los vientos y de fácil instalación.
- b. Tiene un alto grado de paso de luz solar.
- c. Apto tanto para materiales de cobertura flexible como rígidos.

✓ **Desventajas**

- a. Relativamente pequeño volumen de aire retenido (escasa inercia térmica) pudiendo ocurrir el fenómeno de inversión térmica.
- b. Solamente recomendado para cultivos de bajo a mediano porte (lechuga, flores, frutillas, etc.).

5.7. RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Desde el punto de visto agronómico, se denominan riegos localizados porque humedecen un sector de volumen de suelo, superficie para un buen desarrollo del cultivo. También se lo denomina de alta frecuencia, lo que permite regar desde una o dos veces por día, todos o algunos días, dependiendo del tipo de suelo y las necesidades del cultivo. La posibilidad de efectuar riegos frecuentes permite reducir notoriamente el peligro de stress hídrico, ya que es posible mantener la humedad del suelo a niveles óptimos durante todo el periodo de cultivo, mejorando las condiciones para el desarrollo de las plantas (INTA, 2015).

5.7.1. Ventajas e inconvenientes del riego localizado por goteo

✓ Ventajas

- a. Mejor aprovechamiento del agua. Se ahorra entre un 40-60 % de agua con respecto a otros sistemas de riego.
- b. Facilidad para realizar fertirrigación.
- c. Disminución del riesgo de enfermedades.
- d. Reducción de la mano de obra, sobre todo porque disminuyen las malas hierbas al no humedecer la totalidad del suelo.
- e. Disminución de la utilización de abonos y fitosanitarios.
- f. Incremento de la productividad y de la calidad de los cultivos.
- g. Riegos de alta frecuencia.
- h. Facilita la automatización. Se puede utilizar en terrenos de mucha pendiente.

✓ Inconvenientes

- a. Alto costo de instalación.
- b. Alto costo de mantenimiento.
- c. Dificultad de dar lavados en profundidad.
- d. Posibilidad de salinización del suelo.
- e. Necesidad de mayor preparación técnica del agricultor.
- f. Necesidad de fertilizantes totalmente solubles en agua.
- g. Necesidad de alto grado de filtración.

Sin embargo, el gran ahorro de agua que produce, permitiendo regar zonas áridas o semiáridas con escasez de agua o con agua de baja calidad, junto con la posibilidad de fertirrigar, aumentando la calidad y cantidad de las cosechas, hace que el riego localizado por goteo sea cada vez más utilizado (INTA, 2015).

5.7.2. Componentes de un sistema de riego por goteo

- ✓ **Impulsión:** Grupo de bombeo desde balsa, río, pozo y Depósitos.
- ✓ **Cabezal de riego:** Pre filtrado, filtros de arena (cuando sea necesario), equipo de fertirrigación. Filtros de mallas o anillas. Hidrante de red colectiva a presión y dispositivos de control.
- ✓ **Red de distribución:** Conductora, maestra y laterales.
- ✓ **Emisores:** Tuberías emisoras, integrados, pinchados (INTA, 2015).

VI. HIPOTESIS

6.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

El biofertilizante a base de *Bacillus megaterium*, *Bacillus marisflavi*, *Exiguobacterium aurantiacum* y *Pseudomonas mendocina* presenta un efecto fertilizador que aumenta la productividad en cultivos hortícolas de ciclo corto, chiltoma (*Capsicum annuum* L) variedad tres cantos, pepino (*Cucumis sativus*) variedad poinset y rabano (*Raphanus sativus*) variedad crimson giant en condiciones de invernadero.

6.2. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

Ho: El biofertilizante a base de *Bacillus megaterium*, *Bacillus marisflavi*, *Exiguobacterium aurantiacum* y *Pseudomonas mendocina*, no presenta un efecto fertilizador que aumenta la productividad en cultivos hortícolas de ciclo corto chiltoma (*Capsicum annuum* L) variedad tres cantos, pepino (*Cucumis sativus*) variedad poinset y rábano (*Raphanus sativus*) variedad Crimson giant en condiciones de invernadero.

Ha: El biofertilizante a base de *Bacillus megaterium*, *Bacillus marisflavi*, *Exiguobacterium aurantiacum* y *Pseudomonas mendocina*, aumenta la productividad en al menos uno de los cultivos hortícolas de ciclo corto chiltoma (*Capsicum annuum* L) variedad tres cantos, pepino (*Cucumis sativus*) variedad poinset y rábano (*Raphanus sativus*) variedad crimson giant en condiciones de invernadero.

VII. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. LOCALIZACIÓN

7.1.1. Macro localización

El Departamento de Managua se encuentra en las coordenadas 12°8'N 86°15'O.

El departamento limita al norte con los Departamentos de León y Matagalpa; al sur con el Océano Pacífico y el Departamento de Carazo; al este con los Departamentos de Boaco, Granada y Masaya y al oeste con el Departamento de León. Con

temperatura media anual de 28.5 °C y precipitación anual de 1411.9 mm. Managua está emplazada sobre el extremo oeste de la llanura Inter lacustre, sobre un terreno bastante regular a una altura promedio de 85 msnm con una suave pendiente hacia el sur.

Figura 9. Ubicación departamento de Managua.



Fuente: Elaboración propia.

7.1.2. Micro localización

La preparación del inóculo y la producción del biofertilizante microbiano se realizó en el laboratorio de microbiología del Programa de Investigación de Estudios Nacionales Sobre el Ambiente (PIENSA) de la Universidad Nacional de Ingeniería, ubicado en el recinto universitario Simón Bolívar, en la avenida universitaria, Managua, Nicaragua.

La aplicación y evaluaciones del

biofertilizante a base de *Bacillus megaterium*, *Bacillus marisflavi*, *Exiguobacterium aurantiacum* y *Pseudomonas mendocina* se realizaron en el mismo recinto, en el predio ubicado a un costado este del edificio Rigoberto López Pérez de la Universidad Nacional de Ingeniería a continuación se detalla la macro y micro localización donde se desarrollaron los experimentos.

Figura 10. Ubicación del sitio.

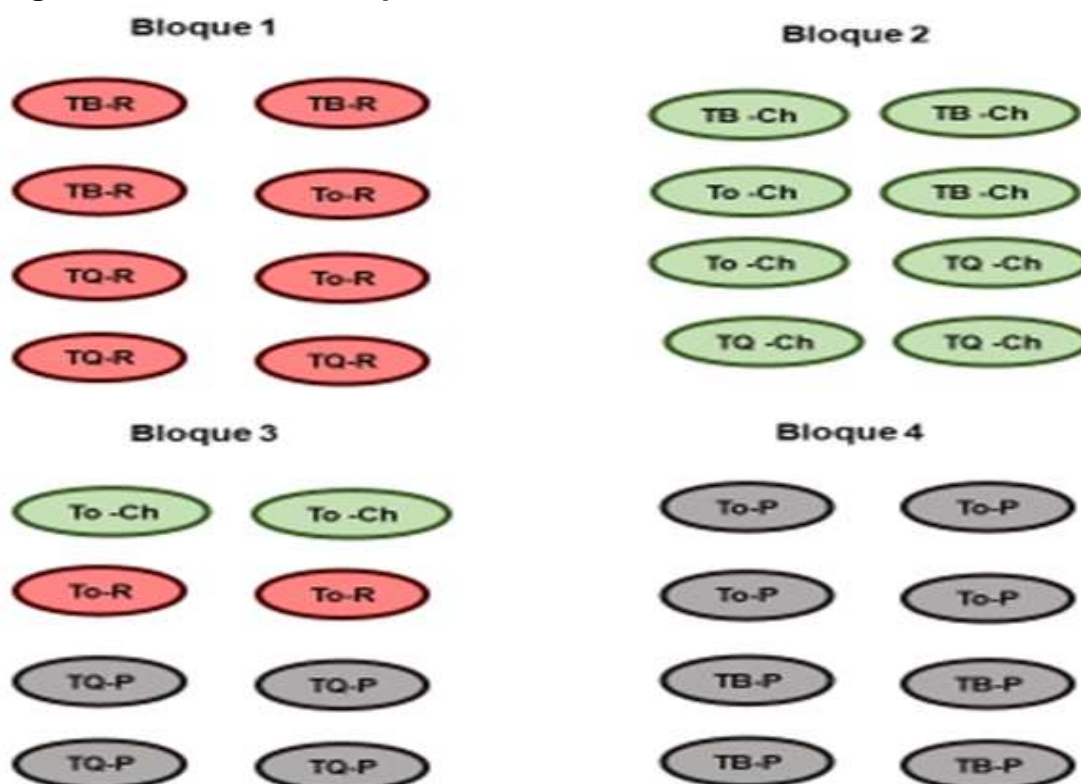


Fuente: Elaboración propia.

7.2. Diseño del experimento

En esta investigación se utilizó un diseño de cuatro bloques en tres cultivos con tres tratamientos y tres repeticiones; el biofertilizante microbiano versus el fertilizante sintético, además de un testigo absoluto que no se le aplicó ningún tratamiento (Ver Figura 11). Las aplicaciones se realizaron de manera individual en cada macetera para los tres cultivos en los que se desarrolló dicho experimento. La dimensión del área en estudio fue de 7 metros de largo por 3 metros de ancho, es decir una superficie de 21 m², conteniendo 4 bloques y a su vez cada bloque 8 macetera.

Figura 11. Diseño de bloques dentro del invernadero.



Fuente: Elaboración propia.

En Chiltoma:

TB: Planta fertilizada con el consorcio microbiano.

TQ: Planta fertilizada con fertilización química.

To: Planta sin fertilización (Testigo).

En Rábano:

TB: Planta fertilizada con el consorcio microbiano.

TQ: Planta fertilizada con fertilización química.

To: Planta sin fertilización (Testigo).

En Pepino:

TB: Planta fertilizada con el consorcio microbiano.

TQ: Planta fertilizada con fertilización química.

To: Planta sin fertilización (Testigo).

7.3. ESTABLECIMIENTO DE LOS CULTIVOS

7.3.1. Instalación del invernadero

A partir de los requerimientos óptimos para los cultivos seleccionados: Chiltoma, rábano y pepino, se definieron los parámetros de la instalación del invernadero. Las condiciones climáticas de la ciudad de Managua se encuentra a una altura aproximada de 82.97 msnm y una temperatura promedio de 27°C (Según características generales de los distritos de Managua, Alcaldía de Managua), por lo tanto, se debe tener en cuenta el movimiento del aire en el interior del invernadero, el cual es de vital importancia en las zonas tropicales en especial por debajo de los 1000 metros sobre el nivel del mar, donde la alta radiación solar calienta el aire dentro de las estructuras; por lo que utilizando una posición este-oeste (que es la orientación para las zonas cálidas), se facilitó la aireación en el interior del invernadero (Marlow, 2011).

El invernadero utilizado para realizar el estudio fue del tipo túnel (Figura 12), con dimensiones de 3 m de ancho y 7 m largo, conformado por tres arcos de tubos de hierro galvanizado y la cubierta externa de malla antiviral y plástico transparente en el techo, los cuales se sujetaron a la estructura del túnel utilizando lockers y zigzag de

Figura 12. Invernadero túnel utilizado en el experimento.



Fuente: Elaboración propia.

hierro galvanizado. Para evitar el exceso de luz solar, se colocó una malla sarán (30% sombra) también conocida como malla sombra.

7.3.2. Preparación y esterilización del sustrato

Se utilizó compost fabricado en un vivero y arena en proporciones 60–40. 60% compost y 40% arena, para obtener una textura que permita una mejor aireación y retención de humedad. El sustrato preparado con los componentes y las proporciones descritas anteriormente se homogenizó (Figura 13A), se utilizó el método de solarización se aplicó agua al sustrato y se cubrió con un plástico negro (Figura 13B) luego se expuso al sol por un periodo de 60 días. Con un termómetro digital, se monitoreó las temperaturas alcanzadas por el sustrato (Figura 13C) que permitieron eliminar cualquier microorganismo presente, que pudieran afectar el desarrollo del experimento (Villa, 2010).

Figura 13. Preparación y esterilización del sustrato.



Fuente: Elaboración propia.

7.3.3. Análisis fisicoquímico del sustrato

Se realizaron dos análisis al sustrato, un análisis físico que se realizó en el laboratorio de Edafología de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y un análisis químico en el que se contrataron los servicios del laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria (UNA). Esto con el fin de evaluar las condiciones fisicoquímicas del sustrato para el desarrollo óptimo de los cultivos de chiltoma, rábano y pepino.

Figura 14. Pruebas físicas del sustrato.



Fuente: Elaboración propia.

7.3.4. Preparación y llenado de macetera

Para este ensayo se utilizaron macetera plásticas con capacidad de 15 litros, se colocaron de forma doble una con cuatro ranura (Ver Figura 15A) ubicada en la parte superior y otra sin ranura en la parte inferior que dando con mejor confort y asegurando que el sistema radicular de las plantas no se vea afectado durante la diferentes etapas fenológicas de los cultivos (Ver Figura 15B) de esta manera se procedió al llenado de las macetera y arreglo por bloque dentro del invernadero tal como se aprecia (Figura 15C).

Figura 15. Preparación y llenado de maceteras.



Fuente: Elaboración propia.

7.3.5. Siembra de los cultivos

✓ Siembra del cultivo de chiltoma. (*Capsicum annuum* L).

Chiltoma (*Capsicum annuum* L). Se realizó la siembra manualmente en bandejas de germinación de polietileno de 96 cavidades en arreglos de 8X12, con un volumen de celda de 55 cc, colocando de 1 a 2 semillas en cada cavidad, después de germinada la semilla paso un periodo de 40 días; posteriormente se realizó el

Figura 16. Siembra de chiltoma en bandejas de germinación.



Fuente: Elaboración propia.

trasplante a maceteras (descritas en la Figura 16), colocando 3 plántulas en cada macetera (INTA, 2006).

✓ Siembra del cultivo de rábano (*Raphanus sativus*)

Se realizó siembra directa en maceteras, de forma manual colocando 5 semillas, una en cada cuadrante y otra en el centro a 5 cm de profundidad cubriendo con una capa de tierra (Ohio State University, 2001).

Figura 17. Siembra manual de rábano.



Fuente: Elaboración propia.

✓ **Siembra cultivo de pepino (*Cucumis sativus*)**

Figura 18. Siembra cultivo de pepino.



Fuente: Elaboración propia.

Se realizó siembra directa, colocando 3 semillas por macetera, en forma de triángulo a una distancia de 15 cm de arista. La semilla fue colocada a 5 cm de profundidad y cubierta con tierra (CENTA, 2003).

7.4. CONDICIONES PARA EL CRECIMIENTO OPTIMO DE LOS CULTIVOS

7.4.1. Control de malezas

El control de malezas se realizó antes de la siembra dentro del invernadero y periódicamente de forma manual, eliminando las malas hierbas que competían con el cultivo en las maceteras (Ver Anexo 3, Figura 5C, pág. viii). Se colocó una malla en forma vertical hecha con mecate, para el tutorado de las guías del cultivo, de manera que los frutos pudieran quedar suspendidos sin tener contacto con el suelo y garantizar una mejor calidad del fruto en la cosecha.

7.4.2. Fertilización biológica

Tratamiento Biológico -

Biofertilizante: Para la fertilización con el uso de microorganismos capaces de mejorar los procesos esenciales en la nutrición de los cultivos, se realizó una primera aplicación del tratamiento a base del consorcio formado por: 5. *B. megaterium*, 7. *B. marisflavis*, 8. *Exigoubacterium*

Figura 19. Aplicación de biofertilizante microbiano y fertilizante químico.



Fuente: Elaboración propia.

aurantiacum, 9. *P. mendocina*; al momento de la siembra, aplicando 5 ml del consorcio por semilla a una concentración de 10^{-7} UFC según la escala de McFarland (McFarland, 1970). Únicamente se inocularon las semillas en los tratamientos que se contempló el uso del biofertilizante, (Ver Figura 19B) siguiendo la metodología de Díaz *et al.*, (2001) en cultivo de lechuga y adecuándolo al cultivo de chiltoma, rábano y pepino.

7.4.3. Fertilización química

La fertilización química se aplicó a los tres cultivos con fórmula completa 15-15-15 (fuente de los tres macronutrientes primarios N-P-K) para darle a la planta la mayor cantidad de nutrientes en una sola aplicación. También se consideró un testigo absoluto sin ninguno de los tipos de fertilización. La aplicación del fertilizante químico se hizo de forma manual.

Se realizó el análisis físico y químico del suelo midiendo las siguientes características: MO= %; P= ppm, Da= g/cm y K= meq/ 100g); la fertilización química se realizó de acuerdo al análisis de suelo y los requerimientos nutricionales para cada cultivo, determinándose cantidades de: N, P y K. De acuerdo a lo anterior al tratamiento con fertilizante químico se le aplicó la fórmula completa 15-15-15, a los 5 días después de la siembra (DDS), aplicando 4g a una distancia de 2 cm de cada planta para evitar daños en esta (Ver Anexo 2, Figura 4A-4B, pág. vii).

7.4.4. Instalación del riego

Se escogió el riego por goteo tipo espagueti por su fácil instalación, su reducido costo económico y por su eficiencia. Con este sistema los cultivos recibieron las proporciones óptimas de agua.

El sistema de riego estuvo alimentado por la red de agua potable que abastece al Recinto Universitario Simón Bolívar, el sistema estuvo conformado por dos laterales de manguera de polietileno de 16mm de diámetro, a los cuales se le instalaron 4 goteros de botón de 4 litros/hora, se instaló un distribuidor y 4 microtubos de 8mm de diámetro por distribuidor, en el otro extremo de cada microtubo se instaló un gotero de estaca, se colocó un gotero de estaca por macetera.

Para reducir la temperatura en el interior del invernadero se colocaron nebulizadores, los cuales se ubicaron en la parte más alta del mismo, de tal forma que cuando se pusieran a funcionar se creará una neblina que posibilitara disminuir las altas temperaturas en las horas más críticas del día.

7.4.5. Partes del sistema de riego utilizado para el experimento

En la siguiente figura se muestran las partes componentes de un sistema de riego por goteo tipo espagueti

A. Gotero de botón conectado a un lateral de polietileno.

B. Conexión de distribuidor de microtubo de 8 mm de diámetro.

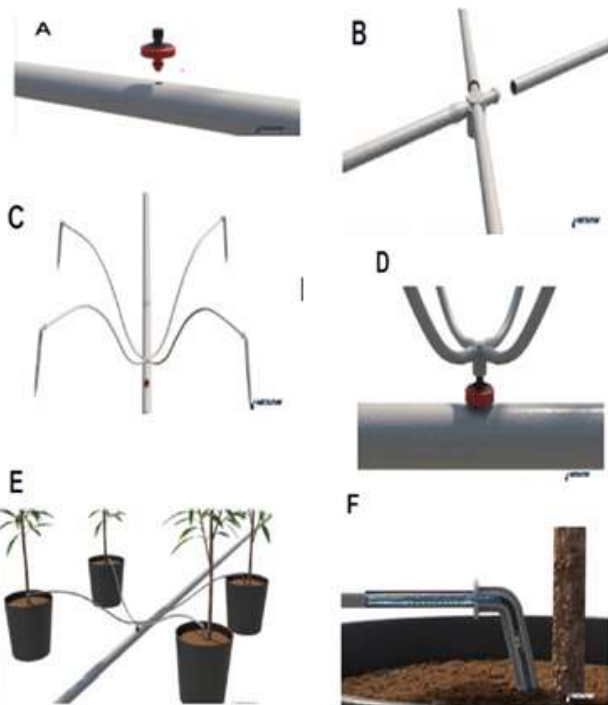
C. Conexión de goteros de estaca en el microtubo.

D. Conexión de los goteros de estacas al gotero de botón.

E. Colocación de goteros de estacas en cada macetera.

F. Aplicación del agua en cada macetera.

Figura 20. Partes de un sistema de riego.



Fuente: Netafim, 2017.

Se ha escogido el riego por goteo, ya que es el método más desarrollado en los cultivos, por su fácil instalación, su reducido costo económico y por su eficiencia. Con este sistema el cultivo recibe las proporciones óptimas de agua (Sela, 2017).

7.4.6. Monitoreo de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero.

La temperatura es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20° C. Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad por lo que, a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de

contener vapor de agua y por tanto disminuye la humedad relativa. Con temperaturas bajas, el contenido en humedad relativa aumenta, cada especie tiene una humedad ambiental idónea para vegetar en perfectas condiciones (INFOAGRO, 2007).

Para asegurar las condiciones ambientales dentro del invernadero se realizó un monitoreo de la temperatura y humedad relativa con la ayuda de un termohigrómetro digital (Figura 21). Cuando los valores de temperatura y humedad relativa aumentaban, se ponían en funcionamiento el sistema de nebulización para ajustar estos valores a rangos óptimos para el desarrollo del cultivo.

Figura 21. Monitoreo de temperatura y humedad relativa.



Fuente: Elaboración propia.

7.5. DETERMINACIÓN DEL EFECTO FERTILIZADOR A TRAVÉS DE MEDICIÓN DE VARIABLES.

Se realizaron mediciones a los 21 y 35 días después de la germinación, en cada muestreo se escogieron 3 plantas al azar de cada repetición, las variables a tener en cuenta fueron los siguientes parámetros biométricos (Hernandez, 2002).

7.5.1. Variables de desarrollo

✓ **Variable longitud del tallo:**

Se midió la longitud del tallo principal haciendo uso de una cinta métrica o regla desde la base del tallo hasta la yema apical en centímetros (Figura 22A).

✓ **Variable diámetro del tallo:**

Haciendo uso de un vernier o pie de rey, se midió el diámetro del tallo en milímetros (Figura 22B).

✓ **Variable número de hojas:** Se realizaron conteos de forma manual del número de hojas de cada una de las plantas muestreadas en cada macetera.

✓ **Variable longitud de hojas:** Con el uso de una cinta métrica o una regla graduada en centímetros, se midió manualmente la longitud de la hoja en cada uno de los cultivos.

Figura 22. Medición de variables de desarrollo.



Fuente: Elaboración propia.

7.5.2. Variables de cosecha

Así mismo se tomaron registros de variables durante la cosecha de cada uno de los cultivos evaluados en esta investigación, dichas variables correspondieron a: Número de frutos, longitud del fruto, diámetro ecuatorial, peso del fruto, etc.

Figura 23. Mediciones variables de cosecha.



Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Variable número de frutos:** Se contabilizó el número de frutos cosechados por cada uno de los tratamientos y cultivos evaluados.
- ✓ **Longitud del fruto:** Haciendo uso de una cinta métrica graduada o regla en centímetro y un vernier, se midió la longitud de los frutos cosechados en centímetros.
- ✓ **Diámetro ecuatorial:** Con la ayuda de un vernier se registró el diámetro ecuatorial del fruto en la parte media en centímetros (Figura 23B).
- ✓ **Peso del fruto:** Se registró el peso en gramos de cada uno de los frutos de los tres cultivos mediante el uso de una balanza de precisión (Figura 23A).

7.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez recopilados los datos de las variables, se procedió a realizar un análisis de varianza (ANDEVA) y comparaciones de medias mediante Tukey, haciendo uso del programa estadístico InfoStat. El método de Tukey se utiliza en ANOVA para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores mientras controla la tasa de error por familia que especifique. Es importante considerar la tasa de error por familia cuando se realizan múltiples comparaciones, debido a que la probabilidad de cometer un error tipo I para una serie de comparaciones es mayor que la tasa de error para cualquier comparación individual. Para contrapesar esta mayor tasa de error, el método de Tukey ajusta el nivel de confianza de cada intervalo individual, de modo que el nivel de confianza simultáneo resultante sea igual al valor que especifique (Fallas, 2012).

El análisis de varianza (ANDEVA), es la técnica utilizada para interpretar los resultados de este tipo de experimento, se sabría entonces que al menos uno de los promedios de la variable respuesta determinado para un tratamiento, es diferente de los obtenidos para los otros tratamientos. Para identificar cuál o cuáles promedios son diferentes resulta necesario realizar pruebas adicionales (Fallas, 2012).

Luego de obtener una base de datos mediante los análisis estadísticos, se utilizó el programa InfoStat, el cual permitió mediante su avanzado diseño de administración, la creación de tablas de datos según las exigencias de la investigación. Las tablas InfoStat admiten 3 tipos básicos de variables: Numéricas, categóricas y fechas. Es posible poner en formato uní o multivariado una tabla de acuerdo a las necesidades del análisis. Las tablas pueden ser ordenadas por múltiples criterios y los casos activados o desactivados selectivamente para participar o no de los cálculos. Es posible aplicar fórmulas para generar nuevas columnas o reemplazar existentes (Fallas, 2012).

Una vez recopilados los datos de las variables medidas en esta investigación, se procedió a promediar utilizando Microsoft Excel; con ayuda de este programa se elaboró una tabla resumen por cultivo, la cual contenía los valores promedios de las variables medidas de cada uno de los cultivos por macetera y por tratamiento, estas tablas fueron copiadas a la versión estudiantil del software InfoStat para realizar el análisis de varianza y prueba de Tukey. Se seleccionó el análisis de varianza, se separaron las variables dependientes y la variable de clasificación y como método de comparación se seleccionó el método de Tukey con un valor de significancia de 5%, obteniendo como resultados automáticamente las tablas de análisis de varianzas y gráficos de barras de la prueba de Tukey para cada una de las variables evaluadas.

VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1. ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS

8.1.1. Resultado del uso de invernadero tipo túnel

El invernadero tipo túnel proporcionó espacio útil y aprovechable para una correcta distribución del diseño de bloque experimental, permitiendo disponibilidad de colocar accesorios del sistema de riego, un apropiado espacio de quince centímetros entre maceteras y un espaciamiento entre bloques de un metro, buen radio de movilidad para el personal encargado de monitoreo sin dañar las plantas, y una excelente protección ante ataques de plagas y enfermedades.

8.1.2. Preparación y Análisis del sustrato

✓ Esterilización del sustrato

La solarización es un proceso mediante el cual el sustrato se expone al sol por un determinado periodo, cubierto por una película de plástico, la energía solar que recibe se aprovecha para incrementar en el suelo la temperatura a niveles letales para muchos fitopatógenos, insectos y maleza (Ver Anexo 2, Figura 1, pág. vi).

Según Ramirez (2011), ha demostrado que la solarización controla efectivamente muchos patógenos del suelo, como son: *Alternaría*, *Dydimella*, *Fusarium spp.*, *Phymatotrichum*, *Plasmodiophora*, *Pyrenochaeta spp.*, *Pythium spp.*, *Bipolaris*, *Rhizoctonia*, *Rosellinia*, *Sclerotinia*, *Sclerotium spp.*, *Thielaviopsis*, *Verticillium*, *Agrobacterium*, *Streptomyces*, *Orobanche* y nemátodos, reduciéndolo significativamente a temperaturas entre 40 - 50°C. En esta investigación, se solarizó el sustrato por un periodo de 60 días y con ayuda de un termómetro digital, se monitoreó la temperatura alcanzada por el sustrato, la cual anduvo en el rango máximo de 36°C, permitiendo, por lo tanto, eliminar cualquier microorganismo presente que pudo afectar el desarrollo del experimento.

✓ **Análisis fisicoquímico del sustrato**

A continuación, en la tabla 10 se presentan los resultados del análisis físico del suelo utilizado para el experimento, realizado en el laboratorio de Edafología (UNI), los cuales fueron evaluados en base a la guía de prácticas de campo y laboratorio de la asignatura Fundamentos del suelo (Méndez & López, 2011).

Tabla 10. Resultados de análisis físicos del sustrato utilizado.

Propiedad	Valor	Rango
Capacidad de Campo (CC)	27.62 %	Media
Punto de Marchitez Permanente (PMP)	14.93	Baja
Densidad Aparente (Da)	1.030 gr/cm ³	Baja
Densidad Real (Dr)	2.288 gr/cm ³	Baja
Porosidad Total (Pt)	54.953 %	Media

Fuente: (Méndez & López, 2011).

En la tabla 11, se presentan los resultados del análisis químico del suelo realizado en el Laboratorio de Suelos y Agua (UNA), los cuales fueron evaluados en base a tabla de rango de clasificación aproximada de nutrientes en suelos de Nicaragua.

Tabla 11. Análisis químico del sustrato.

Propiedad	Valor	Rango
Potencial Hidrogeno (pH)	5.69	Moderadamente acido
Materia Orgánica (MO)	4.00 %	Alto
Nitrógeno (N)	0.20 %	Alto
Fosforo (P disp.)	26.66 ppm	Alto
Potasio (K)	1.66 meq /100 g suelo	alto
Calcio (Ca)	13.98 meq /100 g suelo	Medio
Magnesio (Mg)	3.70 meq /100 g suelo	Medio
Capacidad de Intercambio Catiónico	24.10 meq /100 g suelo	Medio
Conductividad eléctrica (CE)	86.9 μ S/cm	No salino

Fuente: Universidad Nacional Agraria

Se utilizaron técnicas especializadas para el análisis físico-químico del sustrato, indicando que tiene buena retención de humedad al presentar una capacidad de campo de 27.62% y un punto de marchitez permanente de 14.93, del mismo modo se determina que el sustrato posee un contenido de materia orgánica alto de 4% misma que favorece la porosidad total la cual presento un valor de 54.953% mejorando la aireación y la penetración del agua, también se identificó los macronutrientes: Nitrógeno, Fosforo(disf.) y Potasio con valores de 0.20%, 26.66 ppm, 1.66 meq/100g respectivamente, potencial hidrógeno de 5.69 lo cual es moderado. Dicho análisis demostró que el sustrato manejado ofrece parámetros óptimos tanto en su estructura física y cantidad de nutrientes encontrados, siendo de beneficio en la etapa de crecimiento de los cultivos establecidos.

(Méndez & López, 2011) señalan que estas propiedades hidrofísica del suelo son de gran importancia, ya que con la mismas se puede conocer las posibilidades de retención de agua en el suelo, también sirven de base para el cálculo del agua disponible y la porosidad de aireación del suelo, factores determinantes del rendimiento de los cultivos. Indican que la densidad real (D_r) o densidad de la fase solida del suelo, es la relación entre la masa del suelo seco y la masa de igual volumen de agua. El valor de la densidad real depende de la naturaleza de los minerales integrantes y de la cantidad de sustancias orgánicas. Cuanto más humus contiene el suelo, menor es la densidad real.

Según (Vásquez, 2005) citado por (Lumbi & Muños, 2017) señala que el pH es una de las propiedades químicas más relevantes, ya que controla la movilidad de los iones, la precipitación y disolución de los minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes.

✓ Siembra de los cultivos

El cultivo de chiltoma se estableció en bandejas o semillero, sustrato homogenizado, resultando 100% de plántulas germinadas, luego se realizó el trasplante a macetera. El establecimiento de rábano y pepino se efectuó de manera directa en macetera, obteniendo un 100% y un 77% de germinación respectivamente, se aseguró un igual contenido de sustrato homogenizado de tal manera que permitió el desarrollo fenológico de las plantas.

8.2. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE CRECIMIENTO

8.2.1. Actividades culturales

Mediante la realización de actividades culturales de acondicionamiento para los cultivos se lograron resultados satisfactorios, en aporque, elaboración de guías o tutores en el caso de pepino, control manual de maleza, permitiendo que cada planta completara su ciclo fenológico sin competencia de malezas, resultando benéfico para el crecimiento de los cultivos en estudio.

Figura 24. Condiciones de crecimiento para los cultivos.



Fuente: Elaboración propia.

8.2.2. Sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo estructurado para el suministro de agua a los cultivos hortícolas resulto favorable ya que las plantas pudieron aprovechar el agua abastecida para absorber los nutrientes del sustrato y de la fertilización a través de sus raíces.

Es importante mencionar, que para la hora crítica del medio día cuando las altas temperaturas afectaban el desarrollo de los cultivos, se ponían en funcionamiento cuatro nebulizadores, 1 para cada bloque, luego de ½ hora de funcionamiento se registró nuevamente la temperatura y humedad relativa, con la ayuda de un termo higrómetro digital, favoreciendo el descenso de temperatura entre 4 a 5°C y un aumento de la humedad relativa entre un 25 a 35 %; lo anterior permitió disminuir pero no controlar los efectos de las altas temperaturas en el desarrollo y producción de los cultivos en estudio.

8.2.3. Análisis de resultados de temperatura y humedad relativa

Tabla 12. Resultados de temperatura y humedad relativa tomadas en sitio.

DDS	Hora	T°C (prom)	Hr (prom)
2	7:00 a. m.	27.6	56.6
	1:00 p. m.	47.7	24.5
	6:00 p. m.	26.7	64.3
16	7:00 a. m.	27.5	60
	1:00 p. m.	48.4	14.3
	6:00 p. m.	28.2	58.7
30	7:00 a. m.	27.9	60
	1:00 p. m.	50	22.4
	6:00 p. m.	27	78.3

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 12 muestra los resultados de temperatura y humedad relativa que se obtuvieron en el sitio de estudio en el interno del invernadero. Se puede apreciar que para los tres cultivos la temperatura y humedad relativa al medio día estuvo fuera del rango permisible por cada cultivo; por otro lado, los resultados obtenidos en horas tempranas y al final de la tarde, sí estuvieron en el rango de los valores requeridos para cada cultivo.

8.3. RESULTADO DEL EFECTO FERTILIZADOR DEL BIOFERTILIZANTE EN VARIABLES EVALUADAS

8.3.1. Cultivo de chiltoma

✓ Variables de desarrollo

Estas variables fueron medidas en la etapa fenológica de desarrollo del cultivo de chiltoma variedad tres cantos para evaluar el efecto en el crecimiento de cada planta de chiltoma, comparado con el tratamiento químico y un testigo absoluto que no recibió ninguna aplicación de fertilización, para ello se tomaron variables como longitud del tallo, diámetro del tallo, número de hojas 16 DDS y 30 DDS respectivamente.

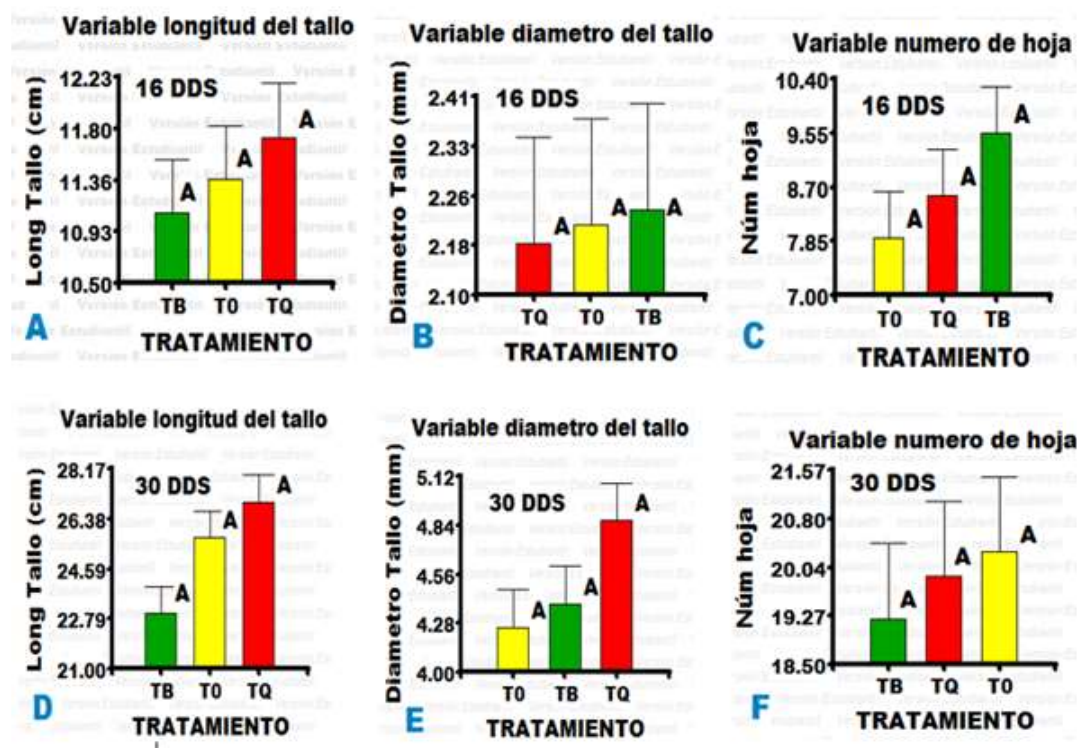
Tabla 13. Resultados de análisis de varianza y prueba de Tukey en variables de desarrollo cultivo de chiltoma.

Tratamiento	Longitud del tallo(cm)		Diámetro del tallo(mm)		Numero de hoja	
DDS	16	30	16	30	16	30
TB	11.09 A	22.98 A	2.23A	4.39 A	9.55A	19.22 A
T0	11.37 A	25.70 A	2.21A	4.26 A	7.89A	20.28 A
TQ	11.72 A	26.98 A	2.18A	4.87 A	8.56A	19.89 A
GL-T	6	6	6	6	6	6
GL- error	0.61	2.71	0.08	0.14	1.59	4.20
F	0.50	4.62	0.03	2.24	1.32	0.20
P>valor	0.63	0.06	0.97	0.19	0.33	0.82

Fuente: Software estadístico InfoStat versión estudiantil, 2008.

En la tabla 13 se pueden observar el resultado del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, para las variables de desarrollo, diámetro de tallo (mm), altura de tallo (cm) y número de hojas a los 16 DDS y 30DDS. Al realizar el análisis de varianza, se obtuvo un P-Valor en cada una de las variables, mayores al nivel de significancia estadística de 0.05, no habiendo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, por lo que se acepta la hipótesis nula (H_0).

Figura 25. Análisis estadístico de variables de desarrollo cultivo de chiltoma.



Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza para las variables de desarrollo a los 16 y 30 DDS en cultivo de chiltoma, nos muestran que no hubo diferencia significativa, tal como se aprecia en la Figura 25, sin embargo, el tratamiento biológico (TB) sobresale en la medición de variables 16 DDS (Ver Figura 25B-25C) donde el número de hoja y el diámetro del tallo tienen valores superiores a los otros dos tratamientos.

Mientras que en la medición de variables 30 DDS se observa (Figura 25D-25E) que el tratamiento químico (TQ) obtuvo valores más altos en las variables longitud del tallo y diámetro del tallo.

Los resultados presentados en las variables de desarrollo difieren a los obtenidos por (Aguirre & Espinosa, 2016) quienes evaluaron el crecimiento y rendimiento de *Capsicum annuum* L. inoculado con *endomycorriza* y *rizobacterias*. Los tratamientos consistieron en la inoculación y la coinoculación de micorriza y rizobacterias y el testigo. En total, ocho tratamientos con cinco repeticiones distribuidas en un diseño completamente al azar. Se realizaron tres muestreos destructivos cada 28 días. Los resultados mostraron un efecto positivo de la inoculación en el crecimiento de las plantas, con variaciones iniciales y finales contrastantes en interacción con los diversos microorganismos.

✓ Variables de cosecha

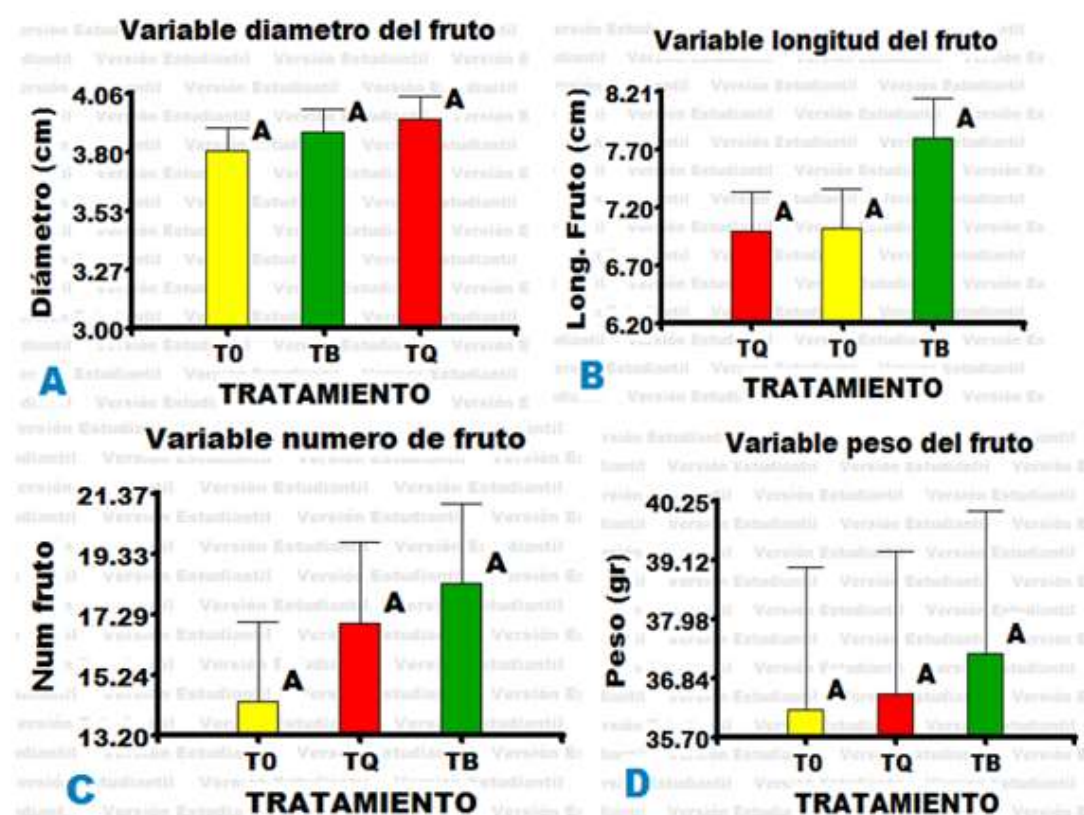
Tabla 14. Resultados análisis de varianza y prueba de Tukey variables de cosecha cultivo de chiltoma.

Tratamiento	N° de fruto	Diámetro del fruto (cm)	Longitud del fruto (cm)	Peso del fruto (gr)
TB	18.33 A	3.89 A	7.8 A	37.5 A
TQ	17 A	3.95 A	6.99 A	36.5 A
T0	14.33 A	3.80 A	7.02 A	36.2 A
GL-T	6	6	6	6
GL- error	21.89	0.03	0.36	22.55
F	0.57	0.48	1.76	0.04
P>valor	0.59	0.64	0.25	0.96

Fuente: Software estadístico InfoStat versión estudiantil, 2008.

En la tabla 14 se pueden observar el resultado de análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para las variables de cosecha, número de fruto, diámetro del fruto (mm), longitud del fruto (cm), peso del fruto (gr). Al realizar el análisis de varianza para las variables de cosecha, se obtuvieron P-Valores en cada una de las variables, mayores al nivel de significancia estadística de 0.05, encontrando que no hay diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, por lo que se acepta la hipótesis nula (H_0).

Figura 26. Análisis estadístico de variables de cosecha cultivo de chiltoma.



La Figura 26 muestra en cada gráfico los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza para las variables de cosecha del cultivo de chiltoma, donde se puede apreciar que no hubo diferencia significativa, sin embargo, en tres de las cuatro variables analizadas el tratamiento biológico (TB) sobre sale a los obtenidos por los otros dos tratamientos evaluados (Ver Figura 26B-26C-26D), (Ver Anexo 4, Figura 12A, pág. xi).

Lo cual se puede decir que los resultados en general tanto en desarrollo como cosecha para el cultivo de chiltoma son satisfactorios en dicho experimento.

Los resultados obtenidos en variables de cosecha son semejantes a los obtenidos por (Aguirre & Espinosa, 2016) donde presentan que la inoculación individual de los *microorganismos Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense* y la *coinoculación de R. intraradices + A. brasilense* incrementaron el número de frutos. La coinoculación de *R. intraradices + P. fluorescens* y *A. brasilense* indujeron frutos más grandes, pero en ninguna de las variables evaluadas presentaron valores importantes o superiores a los otros, tampoco diferencias estadísticas significativas.

8.3.2. Resultados del consorcio biofertilizante en cultivo de rábano

✓ Variables de desarrollo

Estas variables fueron medidas en la etapa fenológica de desarrollo del cultivo de rábano variedad crimson giant, para evaluar el efecto en el crecimiento de cada planta de rábano por macetera, comparado con el tratamiento químico y un testigo absoluto que no recibió ninguna aplicación de fertilización, para ello se tomaron las variables número de hojas, diámetro del tallo, longitud del tallo y longitud de la hoja.

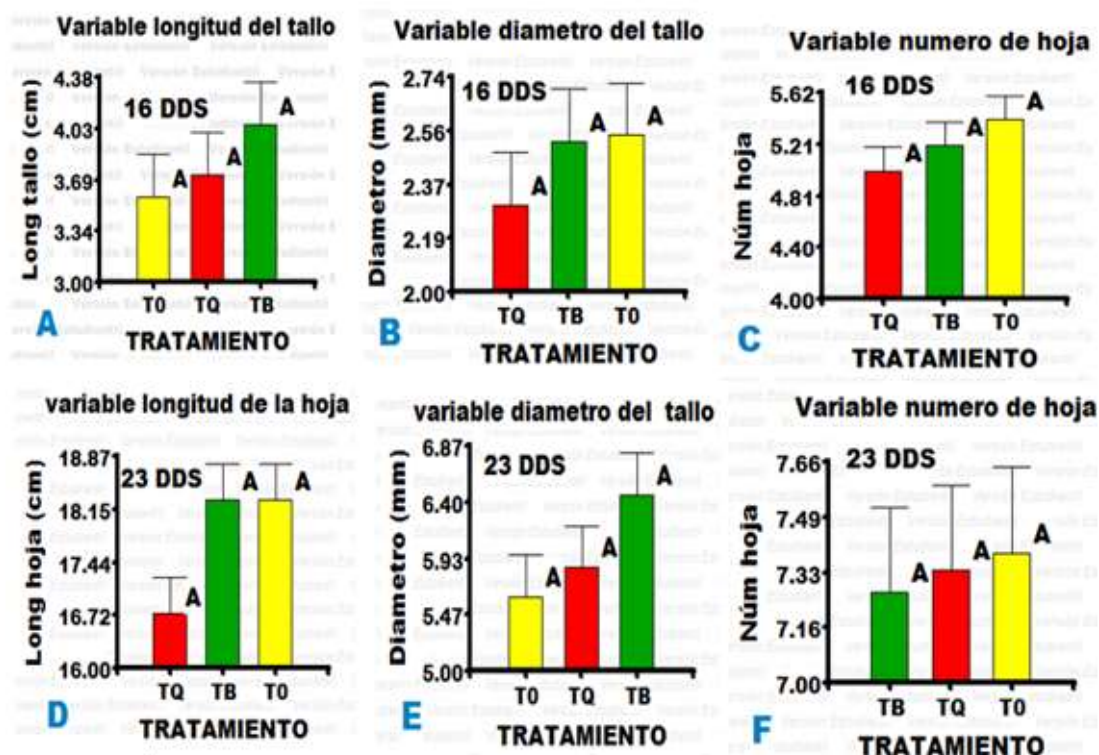
Tabla 15. Resultados de análisis de varianza y prueba de Tukey variables de desarrollo cultivo de rábano.

Tratamiento	Numero de hoja		Diámetro del tallo(mm)		Longitud del tallo(cm)	Longitud de la hoja(cm)
DDS	16.00	23.00	16.00	23.00	16.00	23.00
TB	5.2 A	7.27 A	2.52 A	6.46 A	4.05 A	18.3 A
TQ	5.00 A	7.33 A	2.30 A	5.85 A	3.72 A	16.73 A
T0	5.40 A	7.38 A	2.54 A	5.62 A	3.57 A	18.2 A
GL-T	6	6	6	6	6	6
GL- error	0.1067	0.1925	0.0977	0.3653	0.244	0.7059
F	1.13	0.05	0.54	1.55	0.74	3.38
P>valor	0.3847	0.9485	0.6064	0.2859	0.5145	0.1039

Fuente: Software estadístico InfoStat versión estudiantil, 2008.

En la tabla 15 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, para las variables de desarrollo, diámetro de tallo (mm), longitud de tallo (cm), número de hojas y longitud de hoja (cm) a los 16 DDS y 23DDS. Al realizar el análisis de varianza, se obtuvo un P-Valor en cada una de las variables, mayores al nivel de significancia estadística de 0.05, no habiendo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, por lo que se acepta la hipótesis nula (Ho).

Figura 27. Análisis estadístico de variables de desarrollo cultivo de rábano.



La figura 27 muestra los resultados obtenidos para las variables de desarrollo del cultivo de rábano a los 15DDS y 23DDS; se observa que no hubo diferencia significativa estadísticamente. Mientras tanto el tratamiento biológico (TB) (Figura 27A -27E) que respecta a longitud del tallo y diámetro del tallo sobre sale a los otros dos tratamientos, el testigo (T0) (Figura 27B-27C 27F) número de hoja, longitud de hoja sobresale respecto al tratamiento químico (TQ) y biológico (TB) en la última toma de variables, pero sin causar diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Los resultados en variables de crecimiento de esta investigación son similares a los presentados por (Lara *et al.*, 2013), quienes evaluaron el impacto de bacterias nativas solubilizadoras de fosfato en plantas de rabano con un diseño completamente al azar (DCA) con un total de ocho tratamientos (T) y 15 réplicas.

Según (Sotelo *et al.*, 2012), el número de hojas es un parámetro importante en el crecimiento de las plantas debido a que la luz es uno de los factores determinantes en el crecimiento, en diámetro y altura de las plantas. El desarrollo y llenado de los frutos depende principalmente de la actividad fotosintética de las hojas funcionales.

✓ Variables de cosecha

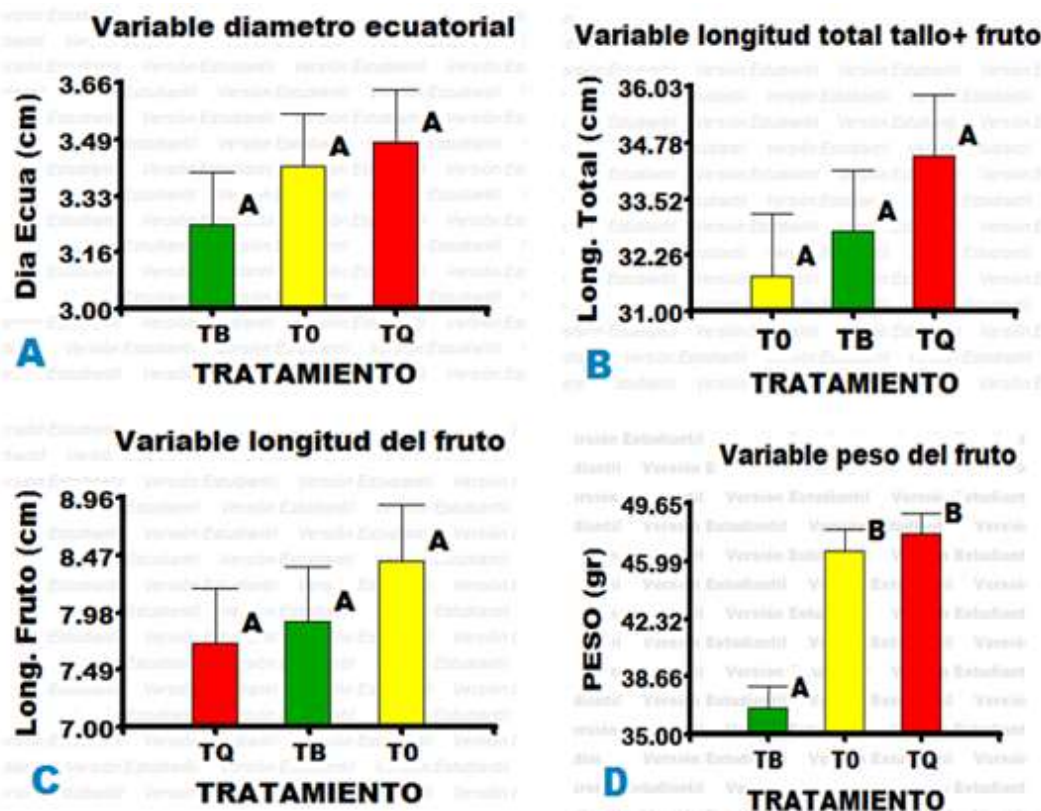
Tabla 16. Resultados análisis de varianza y prueba de Tukey variables de cosecha cultivo de rábano.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (cm)	Long. (cm)	Total Long. fruto (cm)	del Peso (gr)
TB	3.24 A	32.79 A	7.89 A	36.69 A
TQ	3.48 A	34.46 A	7.71 A	47.68 B
T0	3.41 A	31.79 A	8.42 A	46.64 B
GL-T	6	6	6	6
GL- error	0.0733	5.62	0.6791	5.4995
F	0.62	0.97	0.6	20.09
P>valor	0.5674	0.4313	0.5786	0.0022

Fuente: Software estadístico InfoStat versión estudiantil, 2008.

En la tabla 16 se pueden observar los resultados de análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para las variables de cosecha, diámetro ecuatorial (cm), longitud total tallo+fruto (cm), longitud del fruto (cm), peso del fruto (gr). Al realizar el análisis de varianza para las variables de cosecha, se obtuvieron P-Valores en cada una de las variables mayores al nivel de significancia estadística de 0.05, excepto en la variable peso del fruto donde el tratamiento químico (TQ) y el testigo (T0) tuvieron diferencia significativa respecto al tratamiento biológico (TB), por lo que se acepta la hipótesis alternativa (H_a).

Figura 28. Análisis estadístico de variables de cosecha cultivo de rábano.



Fuente: Software estadístico InfoStat versión estudiantil, 2008.

En la Figura 28 se observa los parámetros evaluados en condiciones de invernadero para el cultivo de Rábano, se aprecia (Figura 28A-28B-28C) que los mejores resultados en las variables fueron obtenidos con el tratamiento fertilizante químico (TQ) al compararlo con el tratamiento testigo (T0) y el tratamiento con el consorcio biofertilizante (TB). Sin embargo, a nivel estadístico solamente en una variable evaluada presento diferencias significativas entre ellos ($p>0.05$).

Estos resultados son semejantes a los obtenidos por (Sotelo *et al.*, 2012), donde la fertilización química generó mejores resultados en la variable peso del tubérculo debido a que brinda nitrógeno inorgánico, el cual es de fácil disponibilidad para la planta, mientras que el nitrógeno orgánico fijado por los microorganismos debe ser mineralizado en un proceso de amonificación para ser asimilado por la planta. También tienen similitud a los resultados obtenidos por (Ortiz *et al.*, 2016) quienes

reportaron que no se presentaron aumentos en el crecimiento de las plantas por efecto de la inoculación con rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV).

(Castro-Sowinski *et al.* 2007) identificaron muchos otros factores que pueden afectar la efectividad de las RPCV inoculadas, entre los más destacados se encuentran la competencia con los microorganismos nativos, características físicas y químicas del suelo, genotipo y edad de la planta a inocular, tipo de exudados radicales y manejo agrícola.

Los resultados mostrados en rábano, puede deberse a que las cepas no son nativas de la rizósfera de esta planta, lo que podría afectar su habilidad para colonizar eficientemente la rizósfera del rábano. Autores, como Kaur y Reddy (2014), han encontrado efectos significativos de diferentes inóculos de consorcios comparados con el suelo sin inocular, hasta el tercer ciclo de cultivo en un sistema orgánico de rotación maíz-trigo, en el mismo suelo.

Según (Gomez, 2011), uno de los problemas del cultivo de rábano es la asimilación de los nutrientes por ser uno de los cultivos de ciclo corto (35 días), debido a que los fertilizantes químicos no solubilizan rápidamente para que la planta absorba los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. En la actualidad una de las técnicas más utilizadas en la horticultura para incrementar la producción de hortalizas es la utilización de los fertilizantes orgánicos.

8.3.3. Resultados del consorcio biofertilizante en cultivo de pepino

✓ Variables de desarrollo

Estas variables fueron medidas en la etapa fenológica de desarrollo del cultivo de pepino variedad poinset, para evaluar el efecto del tratamiento biológico en el crecimiento de cada planta de pepino comparado con el tratamiento químico y un testigo absoluto que no recibió ninguna aplicación de fertilización, para ello se tomaron las variables número de hojas, diámetro del tallo, longitud dl tallo y número de flores.

Tabla 17. Resultados Análisis de varianza y prueba de Tukey variables de desarrollo cultivo de pepino.

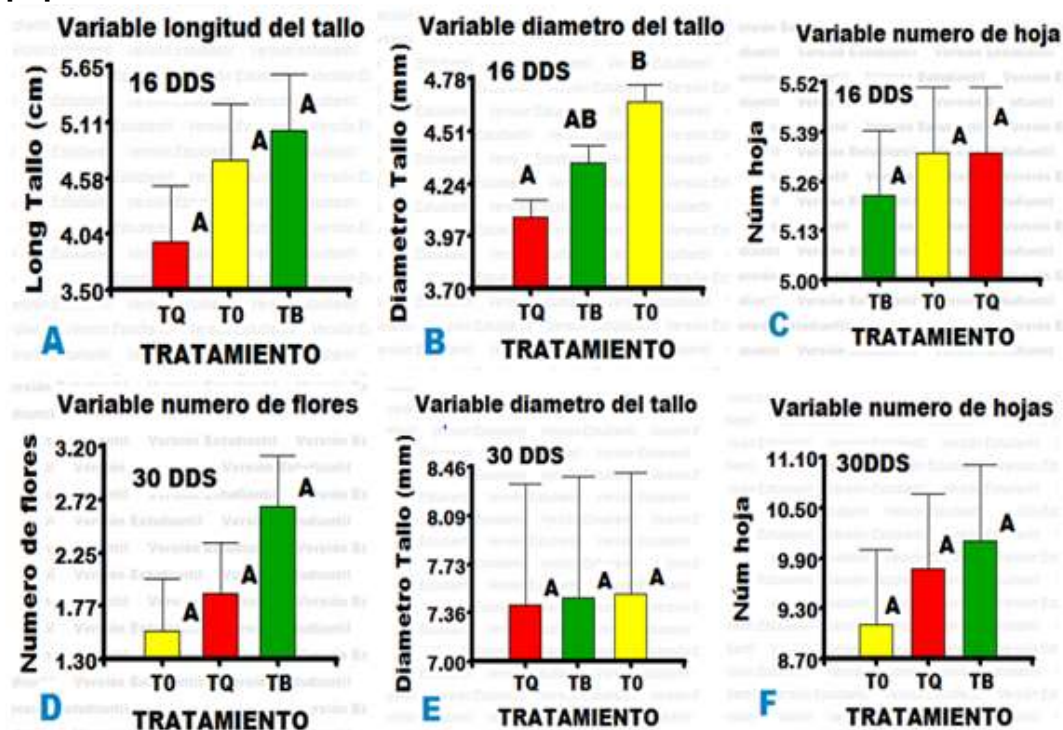
Tratamiento	Diámetro del tallo(mm)		Número de hoja		Longitud del tallo(cm)	Número de flores
DDS	16.00	30.00	16.00	30.00	16.00	30.00
TB	3.34 AB	7.48 A	5.22 A	10.11 A	5.03 A	2.67 A
TQ	4.07 A	7.42 A	5.33 A	9.78 A	3.97 A	1.89 A
T0	4.66 B	7.50 A	5.33 A	9.11 A	4.75 A	1.56 A
GL-T	6	6	6	6	6	6
GL- error	0.0248	2.46	0.0869	2.41	0.8684	0.62
F	10.53	2.11E-02	0.15	0.32	1.05	1.57
P>valor	0.0109	0.9979	0.8657	0.7346	0.4056	0.2825

Fuente: Software estadístico InfoStat versión estudiantil, 2008.

En la tabla 17 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey, para las variables de desarrollo, diámetro de tallo (mm), longitud de tallo (cm) número de hojas y número de flores a los 16 DDS y 30DDS.

Al realizar el análisis de varianza, en las variables ya mencionadas los resultados presentaron diferencia significativa en diámetro del tallo del tratamiento testigo (T0) respecto al tratamiento químico (TQ), mientras los resultados de las otras variables analizadas no presentaron diferencias significativas estadísticamente.

Figura 29. Análisis estadístico de variables de desarrollo en cultivo de pepino.



Fuente: Software estadístico InfoStat versión estudiantil, 2008.

En la figura 29 se muestra el análisis estadístico para las variables de desarrollo en el cultivo de pepino, donde se observa que solo una variable tuvo diferencia estadística, sin embargo, es importante resaltar que los resultados en el tratamiento biológico (TB) sobre salió en las variables número de hoja y número de flores en la segunda toma de datos (Ver Figura 29D-29F), así mismo, en la primera toma de datos tuvo mejor resultado en la variable longitud del tallo (Ver Figura 29A), mientras el tratamiento (T0) obtuvo los segundos mejores resultados sobresaliendo en la variable diámetro del tallo tanto en la primera como la segunda toma de datos (Ver Figura 29B-29E).

(Vega, 2018) evaluó el efecto de un bioinoculante y cinco dosis de fertilizante sobre el rendimiento del cultivo del pepino con 10 tratamiento y cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza al número de flores por planta en el cultivo de pepino, observando los efectos significativos que tiene las dosis de fertilizante, indicando que por lo menos una dosis de fertilizante produjo mayor número de flores. Se observa que no hay interacción significativa entre el bioinoculante y las dosis de fertilizante. Los resultados muestran que no existe diferencia significativa al aplicar bioinoculante o no aplicar bioinoculante, indicando que el número de flores al aplicar bioinoculante es de 36.20 flores por planta y al no aplicar bioinoculante se produjo 33.40 flores por planta lo que estadísticamente no es significativo.

✓ Variables de cosecha

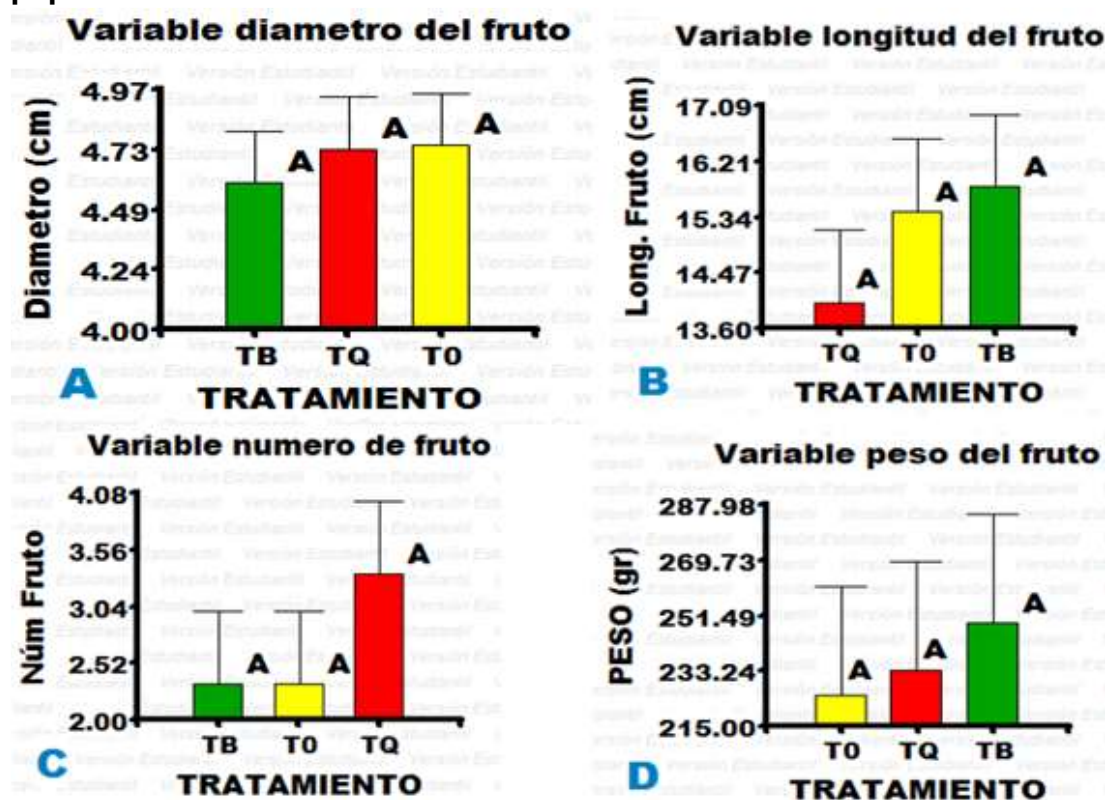
Tabla 18. Resultados análisis de varianza y prueba de Tukey variables de cosecha cultivo de pepino.

Tratamiento	Numero de frutos	Diámetro del fruto (cm)	Longitud del fruto(cm)	Peso (gr)
TB	2.33 A	4.59 A	15.80 A	249.12 A
TQ	3.33 A	4.73 A	14 A	233.35A
T0	2.33 A	4.74 A	15.42 A	225A
GL-T	6	6	6	6
GL- error	1.33	0.1329	3.86	3856
F	0.75	0.16	0.7	0.12
P>valor	0.512	0.8533	0.5321	0.8918

Fuente: Software estadístico InfoStat versión estudiantil, 2008.

En la tabla 18 se pueden observar el resultado de análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para las variables de cosecha, número de fruto, diámetro del fruto (cm), longitud del fruto (cm), peso del fruto (gr). Al realizar el análisis de varianza para las variables de cosecha, se obtuvieron P-Valores en cada una de las variables, mayores al nivel de significancia estadística de 0.05, encontrando que no hay diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, por lo que se acepta la hipótesis nula (Ho).

Figura 30. Análisis estadístico de variables de cosecha en cultivo de pepino.



Fuente: Software estadístico InfoStat versión estudiantil, 2008.

En la Figura 30, los resultados muestran que en el experimento realizado no hubo diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, el tratamiento biológico (TB) obtuvo los mejores resultados en las variables peso del fruto y longitud del fruto (Ver Figura 30B-30D), mientras el tratamiento químico(TQ) fue superior en la variable número de frutos (Ver Figura 30C) y el testigo absoluto (T0) fue el mejor en la variable diámetro del fruto (Ver Figura 30A), por lo que se puede decir que no existió un solo tratamiento que predominara en obtener los mejores resultados para variables de cosecha en cultivo de pepino.

Los resultados presentados por (Vega, 2018) en variables de cosecha, mostraron que existe una interacción significativa entre el bioinoculante y las dosis de fertilizante sobre el número de frutos por planta. Para determinar que tratamiento produjo mayor número de frutos, se realizó la prueba múltiple de medias de Tukey. Los tratamientos 1, 2 y 3 presentan mayor número de frutos por planta, estas medias son estadísticamente equivalentes, al no existir diferencia significativa. Esto indica que al aumentar la dosis de fertilizante durante el desarrollo vegetativo y de fructificación favorece mayor número de frutos por planta.

El tratamiento 1 produjo mayor número de frutos al aplicar bioinoculante y la dosis de fertilizante 35 Kg/ha de N, 95 Kg/ha de P y 100 Kg/ha de K en todo el ciclo del cultivo. El tratamiento 2 produjo 14.52 frutos por planta siendo no significativo en comparación al tratamiento 1 aplicando bioinoculante y la dosis de fertilizante 26.25 Kg/ha de N, 71.25 Kg/ha de P y 75 Kg/ha de K.

IX. CONCLUSIONES

La investigación realizada del presente trabajo y el análisis de los resultados obtenidos, permiten abordar las siguientes conclusiones tomando en cuenta los objetivos propuestos al inicio del mismo:

- ✓ El invernadero tipo túnel proporciono el espacio útil y una excelente protección ante el ataque de plagas y enfermedades, de igual manera el sustrato utilizado resultó benéfico para el desarrollo del experimento como se pudo apreciar en el análisis fisicoquímico, el suelo tenia los nutrientes necesarios lo cual insidío en los resultados de germinación de los cultivos establecidos chiltoma (*Capsicum annuum* L), pepino (*Cucumis sativus*) y rábano (*Raphanus sativus*).
- ✓ Durante el experimento se garantizaron las condiciones del desarrollo de los cultivos mediante actividades culturales, destacando la limpieza manual, aporque, riego y tutores en cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los resultados de monitoreo en cuanto a temperatura durante los meses de marzo y abril, no fueron favorables en intervalos del día entre las 12 y 2 PM, ya que los mismos excedían los 30°C, afectando el cultivo de pepino principalmente en su etapa de floración, a pesar de los esfuerzos para contrarrestar dicha temperatura, el daño en las plantas de pepino fue notorio; presentando hojas amarillentas y presencia de aborto floral en su mayoría, disminuyendo significativamente la producción. Por lo tanto, se concluye que en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) las temperaturas con valores mayores a 30°C, son desfavorables para el establecimiento y por ende a la producción de dicha Cucurbitácea.

- ✓ La evaluación de la fertilización biológica, presenta un efecto fertilizador a nivel de invernadero en cultivos hortícolas de ciclo corto: chiltoma (*Capsicum annuum* L), pepino (*Cucumis sativus*) y rábano (*Raphanus sativus*), demostrando que el consorcio responde de manera similar que la fertilización química al no haber diferencias significativas en los parámetros evaluados (variables de desarrollo y cosecha) en condiciones de invernadero; brindando a la planta disponibilidad de nutrientes y hormonas de fácil asimilación que en las condiciones de un cultivo normal, presentándose como una alternativa de producción sostenible.

X. RECOMENDACIONES

Al presentar los resultados de esta investigación, se sugieren considerar las siguientes recomendaciones:

- ✓ En condiciones de invernadero es recomendable establecer un solo tipo de cultivo durante la evaluación del ensayo, para facilitar su manejo correspondiente y tratar de brindar climatización asimilable para la planta.
- ✓ Durante la fertilización se recomienda realizar más de una inoculación en diferentes etapas fenológica del cultivo en prueba, para evaluar con mayor exactitud el aporte que brinda el biofertilizante en dichas etapas.

XI. BIBLIOGRAFIA

- AgroNorte. (2013). *Semillas florensa*. Obtenido de Pepino Poinset 76: <http://www.agronorte.com.py/pepino-poinset-76-p95>
- AGROES. (13 de Agosto de 2014). *Origen y Generalidades de Rabano*. Obtenido de Rábano, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico: <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/rabano/428-rabano-descripcion-morfologia-y-ciclo>
- AGROMEAT. (26 de Enero de 2009). *Manejo del cultivo Tipos y Cultivares*. Obtenido de Guia Tecnica para cultivar Rabanito: <https://www.agromeat.com/15211/guia-tecnica-para-cultivar-rabanitos-2>
- Aguirre, J., & Espinosa, J. (2016). Crecimiento y rendimiento de *Capsicum annuum* L. inoculado con endomicorriza y rizobacterias. *Revista Mexicana de ciencias agricolas* , 1543-1548.
- Arguello, H., Castellanos, E., & Rincon, J. (2011). *Biofertilizantes para la producción limpia de hor talizas*. Bogota: Primera Edición 2011 .
- Arreaga, J., Ramos, H., & Vasquez, H. (1996). Repuesta del cultivo hidroponico de pepino a cuatro programas de fertilizacion y dos densidades de siembra. *Monografia*. Universidad del Salvador, San Salvador.
- Ayestas, M., & Talavera, B. (2018). Desarrollo de un bioplaguicida a base de bacillus Subtilis. *Monografia de Grado*. Universidad Nacional de Ingenieria, Managua Nicaragua.
- Barea, J., Pozo, M., Azcon, R., & Aguilar, C. (2005). Cooperacion Microbiana en la Risosfera. *Revista de Botanica Experimental*, 1761-1778.
- Barquero, I., Campos, S., Tobar, M., Guerrero, A., Sanchez, J., & Landinez, L. (2007). *Informe de vigilancia tecnologica. Bioinsumos*. Bogota, Colombia: Cargraphics.
- Beltran, M. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana. *Revista cielo*, 101-113.
- Brenner, L., & Arnold, F. (2008). *Ingeniería de consorcios microbianos una nueva frontera en biología sintética*. Estados Unidos: Tibtech.
- Cardozo, E., Siu, T., & Neves, M. C. (1992). *Microbiologia do solo* . Campinas Brasil: Publicaciones da sbcs.
- CENTA. (2003). Guia tecnica del cultivo del pepino. *Centro Nacional de Tecnologia Agropecuaria y Forestal*.

- Diaz, V., P, Ferrera-Cerrato, R., Almarez-Suarez, J., & Alcantar, G. (2001). *Inoculacion de bacterias promotoras de crecimiento en lechuga*. Terra19: 327-335 Volumen 19, numero 4.
- EBAY. (03 de Junio de 2015). *Vivero Invernadero Tunel*. Obtenido de www.ebay.es/itm/Fruehbeet-Gewaechshaus-Treibhaus-Gartentunnel-Tomatenhaus-Folientunnel-
- Elhayes, J. (07 de Marzo de 2017). *easy harvest potato planter (Video)*. Obtenido de [easy harvest potato planter \(Video\): https://www.youtube.com/watch?v=zszmMPTg4wY](https://www.youtube.com/watch?v=zszmMPTg4wY)
- Fallas, J. (2012). *Analisis de varianza comparando tres o mas medidas*. Obtenido de http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf
- FAO . (2009). *Guia para la descripcion d suelo*. Roma.
- Faranchuck, J. (31 de Julio de 2017). *Depositphotos*. Obtenido de Flores de pimiento foto macro de trigo sarraseno con enfoque selectivo.: <https://sp.depositphotos.com/161888694/stock-photo-peppers-blossoms-macro-photo-of.html>
- Fernandez, M. T., & Rodriguez, H. (2005). El papel de la solubilización de fósforo en los biofertilizantes microbianos. *Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 27-28.
- Gemmell, W. (09 de Abril de 2002). *Concepto de Bloque* . Obtenido de Diseño dde Experimentos Clasicos: <http://dm.udc.es/asignaturas/estadistica2/cap5.html>
- Gomez, L. (2011). Evaluacio de cultivo de rabano (*Raphanus sativus* L.) bajo diferente condiciones de fertilizacion organica e inorganica. *Tesis para optar al titulo de ingeniero en Agrobiologia*. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Coahuilla- Mexico.
- Grageda, O., Diaz, A., Peña, J., & Vera, J. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agricolas* , 1267-1270.
- Guzman, J. (03 de Marzo de 2014). *Hibridacion en Plantas de Peino*. Obtenido de Morfologia de la flor: <http://hibripepino.blogspot.com/p/morfologia-de-la-flor.html>
- Hernandez, A. (2002). Obtencion de un biopreparado a partir de rizobacterias asociadas al cultivo del maiz. *Tesis de doctorado*. Universidad de la Habana, Cuba, La Habana.
- HIDRO EVIRONMENT. (13 de Noviembre de 2015). *HIDRO EVIRONMENT*. Obtenido de http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=44

- Hidrovo, A. (2016). Comportamiento agronomico de cuatro hibridos de pepino cucumis sativus I. *Tesis*. Escuela Superior Politecnica, Calcuta.
- IICA. (2007). *Guía Práctica de Exportación de CHILTOMAS a los Estados Unidos*. Managua: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- INATEC,JICA,INTA. (2008). Manual Cultivos de Hortalizas. *INATEC*, 35-36.
- INFOAGRO. (2007). *Control climatico en invernadero*. Obtenido de Parametros a conciderar en el controlclimatico: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm
- INFOAGRO. (2007). *El cultivo del rabano*. Obtenido de Nuevo curso Agricultura Ecologica on line: <http://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.asp>
- INTA. (2006). Guia Tecnologica de Chiltoma. *Instituto Nicaraguense de Tecnologia Agropecuaria*.
- INTA. (15 de Noveimbre de 2015). *Manual de Riego por Goteo*. Obtenido de http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf
- INTAGRI. (2001). *Produccion de pepino en invernadero*. Obtenido de Fertilizacion: www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-pepino-en-invernadero
- JICA,INATEC,INTA. (2008). Manual del protagonista Cultivos de Hortalizas. *INATEC*.
- L, E., & J, L. (1995). Proyecto de Investigación Cooperativa sobre Gestión de Recursos Biológicos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico . *Revista Americana de Agricultura Alternativa*, 50-73.
- Laguna, T., Gutierrez, C., & Sarria, M. (2014). Guia tecnologica de chiltoma. *INTA*.
- Lara, C., Sanes, S., & Oviedo, L. (2013). *Impacto de bacterias nativas solubilizadoras de fosfato en el crecimiento y desarrollo de plantas de rabano Raphanus sativus L.* Cordoba-Colombia: Biotecnología Aplicada Vol.30, No.4.
- Lara, L. (2013). Evaluación de la resistencia a mildiu veloso (*Pseudoperonospora cubensis*) (Berk. y Curt.) Rostw de cuatro híbridos de pepino (*C. sativus L.*). *Tesis*. Xalapa De Enríquez.
- Lara, M., & Negrete, P. (2015). Efecto de un bioinoculante apartir de consorcio microbiano nativo fosfato solubilizadores en el desarrollo de pasto Anglenton. *Revista colombiana biotecnol vol XVII*.
- Lauyana. (2000). *Partes de la planta de pepino morfologia de la planta con las frutas flores las hojas y el sistea radicular*. Obtenido de <https://es.dreamstime.com/partes-de-la-planta-morfolog%C3%ADa-del->

pepino-con-las-frutas-flores-hojas-verde-y-el-sistema-ra%C3%ADz-en-fondo-blanco-image126171908

- Linares, L., Serrano, R., & De Leon, A. (2018). CULTIVO DE CHILE DULCE. *CENTA El Salvador*.
- Lopez, C. (2003). *Guia tecnica del cultivo del pepino*. Santa Ana: Division de Comunicaciones Centa.
- Lopez, T., Domingues, L., & Garcia, J. (2007). Arreglo estructural de un consorcio microbiano de interés alimentario en la producción del vinagr. *Revista Scielo*.
- Lumbi, L., & Muños, C. (2017). Efecto de las prácticas de agricultura conservacionista sobre la calidad de suelo. *Monografía para optar al título de Ingeniería Agronomica*. Universidad Nacional Autonoma de Nlcaragua, Matagalpa.
- Marlow, D. (1 de mayo de 2011). *Elementos fundamentales de un invernadero hidropónico*. Obtenido de Hortalizas : <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/invernadero/elementos-fundamentales-de-un-invernadero-hidroponico/>
- Martín, A. (1977). *Introducción a la microbiología del suelo*. Nueva York, Estados Unidos: Segunda edicion. Wiley and Sons.
- Méndez, J., & López, L. (2011). *Guia de practicas de campo y laboratorio de la asignatura Fundamentos del suelo*. Managua, Nicaragua.: Departamento de Ingeniería Agrícola.
- Molina, H., & Melendez, G. (2003). Fertilizantes que contienen Nitrogeno Foforo y Potacio. *Fertilizantes Caracteristicas y Manejo*. Universidad de Costa Rica, San Jose.
- MURCIA. (2004). *Region de Murcia Digital Gastronomía Hortalizas y Verduras*. Obtenido de Variedades de Rabano.
- Nasevilla, J. (2010). Estudio de las Caracteristicas Fisico-Quimicas y Nutricionales de dos ecotipos de Rabano. *Tesis*. Universidad Tecnologica Equinoccial, Quito. Ecuador.
- Ohio State University. (2001). *Ohio Vegetable Production guide*. Columbus.
- Ortiz, T., J, A., Delgadillo, M., Rodrigues, M., & Calderon, Z. (2016). Inoculacion bacteriana en el crecimiento y calidad de frutos de cinco variedades de fresa en suelos con ph contrastante. *Revista Cubana de Quimica* , 189-195.
- Perez, J. (2014). Uso de los Fertilizantes y su Impacto en la Produccion Agricola. (*Magister en Ciencias-Geomorfología y Suelo*). Universidad Nacional de Colombia., Medellin.

- Ramirez, J. (Junio de 2011). *Monografias.com*. Obtenido de La solarización como herramienta para el control de malezas, patógenos y plagas del suelo: <https://www.monografias.com/trabajos43/solarizacion-malezas/solarizacion-malezas3.shtml>
- S, T., & W, N. (1975). *Fertilidad del suelo y abonos*. Londres: Collier Macmillan Publishers.
- Salazar, M. A. (2009). *Uso Biofertilizante de dos cultivos de cianobacterias, uno exénico y otro en consorcio, a nivel de invernadero para producción parcialmente orgánica de fréjol phaseolus vulgaris*. Ecuador.
- Sela, G. (23 de 08 de 2017). *Los sistemas de riego por goteo*. Obtenido de Smart Fertilizer Management : www.smart-fertilizer.com/es/articles/drip-irrigation
- Sotelo, L., Jimenez, J., De zean, A., & Cueto, M. (2012). *Efecto de inoculacion de microorganismos en crecimiento de rabano (raphanus sativus L)*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.
- Tinoco, F., & Arauz, O. (2014). Efectos de Nivel de Fertilizacion Sintetica en el Comportamiento Agronomico y Rendimiento Productivo de Chiltoma. *Monografia*. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, Matagalpa.
- Vega, J. (2018). Efecto de un bioinoculante y fertilizantes sobre el rendimiento de pepino. *Tesis de grado para optar al Titulo de ingeniero agronomo con enfasis en riegos*. Universidad Rafael Landivar, Jutiapa.
- Villa, M. S. (2010). *Desifecion de sustratos*. Texcoco: Mexico.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de análisis fisicoquímico del sustrato y rangos de clasificación de nutriente.

Tabla 1. Resultado de análisis químico.

[illegible]

Tabla 2. Rango de clasificación aproximada de nutrientes en suelos.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO

Rango de Clasificación Aproximada de Nutrientes en Suelos
de Nicaragua (Quintana et al., 1983)

pH	Clasificación
< 4.6	Extremadamente ácido
4.6 - 5.2	Muy fuertemente ácido
5.2 - 5.6	Fuertemente ácido
5.6 - 6.2	Mediamente ácido
6.2 - 6.6	Ligeramente ácido
6.6 - 6.8	Muy ligeramente ácido
6.8 - 7.2	Neutro
7.2 - 7.4	Muy ligeramente alcalino
7.4 - 7.8	Ligeramente alcalino
7.8 - 8.4	Mediamente alcalino
8.4 - 8.8	Fuertemente alcalino
8.8 - 9.4	Muy fuertemente alcalino
> 9.4	Extremadamente alcalino

Capacidad de Intercambio Catiónico

<5	meq/100 g suelo	Muy baja
5 - 15	meq/100 g suelo	Baja
15 - 25	meq/100 g suelo	Media
25 - 40	meq/100 g suelo	Alta
>40	meq/100 g suelo	Muy alta

Rango de contenidos de macronutrientes

Nutrientes	Unidades	Pobre	Medio	Alto
Nitrógeno (N)	%	< 0.07	0.07 - 0.15	> 0.15
Fósforo (P)	ppm	< 10	10 - 20	> 20
Potasio (K)	meq/100 g	< 0.2	0.2 - 0.3	> 0.3
Calcio (Ca)	meq/100 g	< 2.5	2.5 - 5.5	> 5.5
Magnesio (Mg)	meq/100 g	< 0.3	0.3 - 1.0	> 1.0
Mat. Orgánica (MO)	%	< 2	2 - 4	> 4

Rangos de contenidos de micronutrientes (extracción Olsen)

Nutriente	Unidades	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
Hierro (Fe)	ppm	5 - 10	10 - 16	16 - 21	21-2
Zinc (Zn)	ppm	1 - 2	2.1 - 3.1	3.1 - 4.2	4.2 - 5.3
Cobre (Cu)	ppm	0.2 - 0.8	0.8 - 1.5	1.5 - 2.2	2.2 - 3.0
Manganeso (Mn)	ppm	2-4	4-6	6-8	8 -12



Tabla 3. Resultados del Análisis físico del sustrato.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA
LABORATORIO DE EDAFOLOGIA




Fecha: 03/09/2018

Atención al estudiante: Nemrod Bismarck Urroz Gutiérrez
Numero de carnet: 20145-0728U
Correo: nurroz.fcb.06@gmail.com

En las muestras entregadas al laboratorio se encontraron los siguientes valores determinados según sus parámetros para las muestras de suelo perfil 1, con los siguientes valores:

Resultados De Análisis				
Ítem	Descripción	MUESTRA	U/M	MEDIDA
1	Capacidad de campo	Perfil 1	%	27.62
2	Punto de Marchitez permanente	Perfil 1	%	14.95
3	Densidad Aparente	Perfil 1	mg/cm^3	1.03
4	Densidad Real	Perfil 1	mg/cm^3	2.288
5	Porosidad Total	Perfil 2	%	54.95


M.Sc. Ing. José Méndez Übeda
Jefe Dpto. Ing. Agrícola




Ing. Zadis Vanegas Bustos
Responsable LAB. Edafología

Anexo 2. Esterilización del sustrato por método de solarización, monitoreo de temperatura del sustrato siembra de los cultivos, y fertilización e inoculación de las bacterias.

Figura 1. Preparación del sustrato y esterilización por el método de solarización.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Monitoreo de temperaturas alcanzadas por el sustrato.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Siembra. A. Semillero de chiltoma, B. siembra de pepino, C trasplante de chiltoma, D. siembra de rábano.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Fertilización. A. aplicación de fertilizante en chiltoma, B. fertilización cultivo de pepino, C-D. inoculación de bacterias.



Fuente: Elaboración propia.

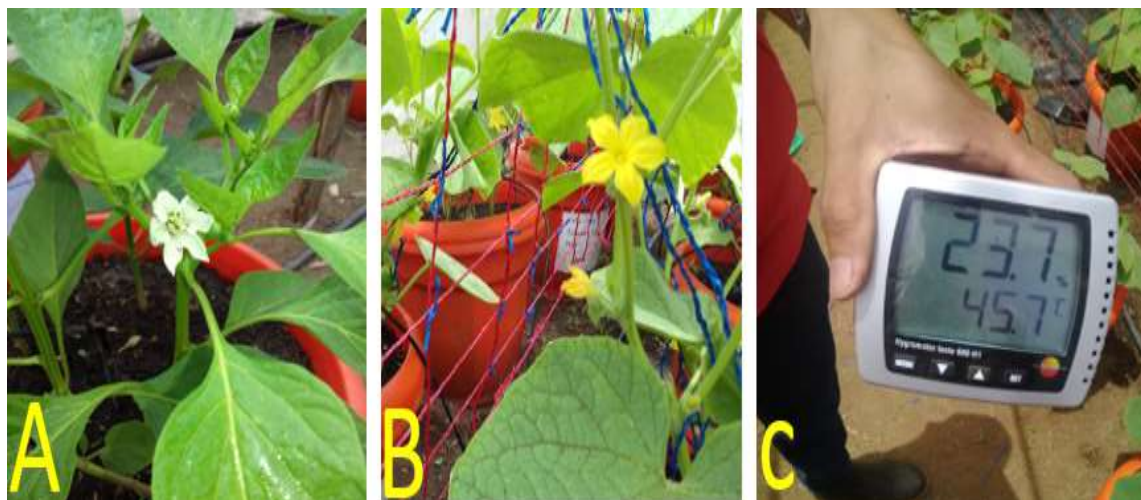
Anexo 3. Medición en variables de desarrollo, control de malezas, registro de temperatura-humedad relativa, desarrollo y floración.

Figura 5. Seguimiento a los cultivos. A. medición de variable diámetro del fruto, B. Patrón de mecate para agarre de guías en pepino, C. Control de maleza de forma manual.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Seguimiento a los cultivos. A. Inicio de floración en chiltoma, B. inicio de floración en pepino, C. Registro de temperatura y humedad relativa en el interior del invernadero.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Crecimiento en cultivo de rebano.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Crecimiento en cultivo de chiltoma.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Crecimiento en cultivo de pepino.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Recolección de frutos en cultivos, toma de variables de cosecha.

Figura 10. Cosecha de rábano y toma de variables 33 DDS.

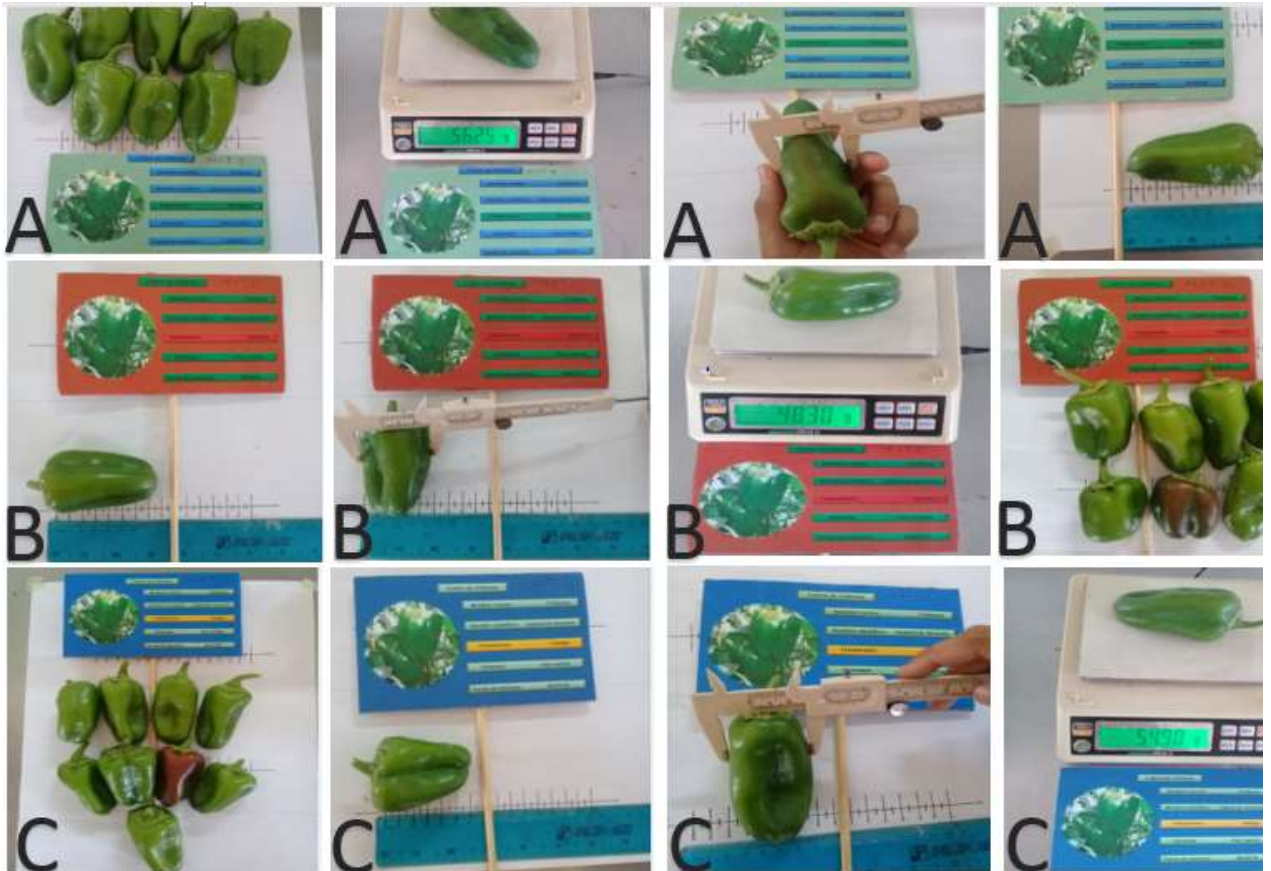


Figura 11. Recolección de frutos en chiltoma 64 DDS.



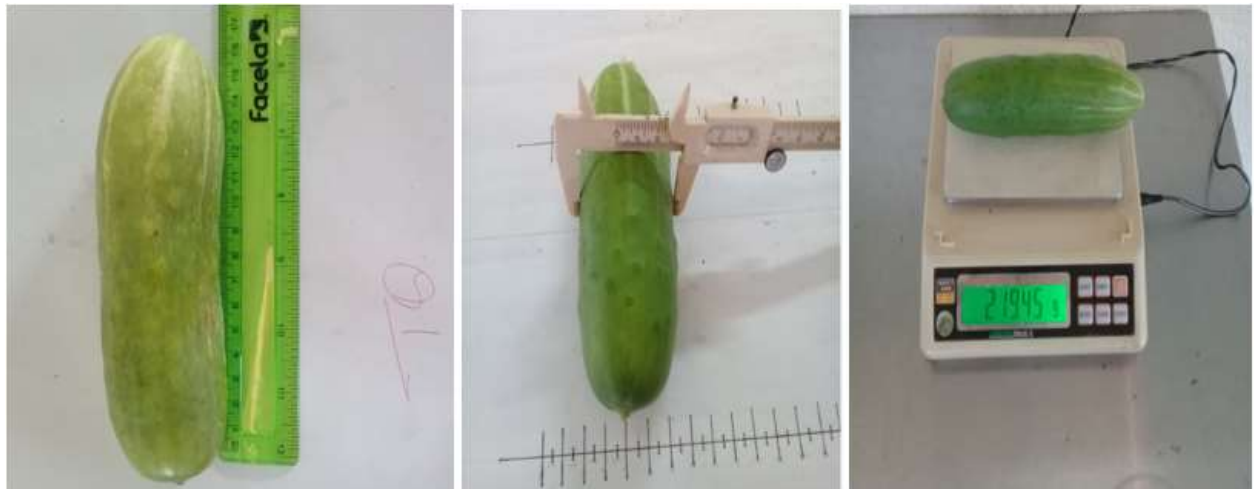
Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Medición de variables de cosecha en chiltoma A. tratamiento biológico, B. tratamiento químico, C. Tratamiento cero.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Toma de variables de cosecha en pepino.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Promedios totales en variables de desarrollo y cosecha.

Tabla 1. Promedios totales en variables de cosecha en chiltoma.

CULTIVO DE CHILTOMA					
TRATAMIENTO	MACETERA	VARIABLES DE COSECHA TOTAL			
		Diámetro (cm)	Long. Fruto (cm)	Núm. fruto	Peso (gr)
T0	1	4.02	7.47	20.00	42.56
TQ	1	4.02	6.57	20.00	35.75
TB	1	3.78	7.62	19.00	34.84
T0	2	3.86	7.66	17.00	37.25
TQ	2	3.94	7.33	15.00	38.42
TB	2	3.80	7.92	20.00	35.00
T0	3	3.53	5.92	6.00	28.86
TQ	3	3.88	7.07	16.00	35.46
TB	3	4.09	7.86	16.00	42.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Promedios de variables de desarrollo obtenidos a los 30 DDS

CULTIVO DE CHILTOMA				
VARIABLES DE DESARROLLO 29 DDS				
TRATAMIENTO	MACETERA	Long Tallo (cm)	Diámetro Tallo (mm)	Núm. hoja
T0	1	25.50	4.50	22.50
TQ	1	28.37	5.40	21.33
TB	1	23.77	4.17	19.67
T0	2	24.10	4.00	19.00
TQ	2	24.83	4.33	19.00
TB	2	23.67	4.33	16.33
T0	3	27.50	4.27	19.33
TQ	3	27.73	4.87	19.33
TB	3	21.50	4.67	21.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Promedios de variables de cosecha en cultivo de pepino.

VARIABLES DE COSECHA 34DDS					
TRATAMIENTO	MACETE	Diámetro	Long. Fruto	Núm.	PESO
TO	RA	(cm)	(cm)	Fruto	(gr)
T0	1	4.40	14.10	3.00	143.90
TQ	1	4.80	15.70	5.00	241.33
TB	1	5.00	17.75	2.00	256.20
T0	2	5.20	17.00	1.00	324.00
TQ	2	4.44	13.80	3.00	285.33
TB	2	4.20	12.83	2.00	247.50
T0	3	4.63	15.17	3.00	207.10
TQ	3	4.95	12.50	2.00	173.40
TB	3	4.57	16.83	3.00	243.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Promedio de variables de desarrollo en cultivo de pepino.

CULTIVO DE PEPINO				
VARIABLES DE DESARROLLO 30DDS				
TRATAMIENTO	MACETERA	Numero de flores	Diámetro Tallo (mm)	Núm. hoja
T0	1	1.33	5.60	7.67
TQ	1	1.67	8.33	10.00
TB	1	3.00	8.37	11.67
T0	2	0.67	8.40	9.33
TQ	2	2.67	8.33	11.00
TB	2	2.00	5.77	8.00
T0	3	2.67	8.50	10.33
TQ	3	1.33	5.60	8.33
TB	3	3.00	8.30	10.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Promedio de variables de cosecha cultivo de rábano.

VARIABLES DE COSECHA 34DDS					
TRATAMIE NTO	MACETE RA	Ø Ecua (cm)	Long. Total (cm)	Long. Fruto (cm)	PESO (gr)
T0	1	2.93	30.00	7.75	46.76
TQ	1	3.50	33.63	7.88	47.84
TB	1	3.05	35.63	9.13	36.98
T0	2	3.53	30.75	8.13	47.31
TQ	2	3.45	33.38	8.00	51.15
TB	2	3.35	32.75	7.30	38.34
T0	3	3.78	34.63	9.38	45.86
TQ	3	3.50	36.38	7.25	44.04
TB	3	3.33	30.00	7.25	34.74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Promedios de variables de desarrollo cultivo de rábano

VARIABLES DE DESARROLLO 23DDS				
TRATAMIENTO	MACETERA	Long hoja (cm)	Diámetro (mm)	Núm. hoja
T0	1	17.75	5.93	6.75
TQ	1	15.50	6.00	7.20
TB	1	17.56	6.28	7.60
T0	2	18.90	4.70	8.00
TQ	2	17.70	5.18	7.40
TB	2	18.26	6.76	7.40
T0	3	18.20	6.22	7.40
TQ	3	17.00	6.38	7.40
TB	3	19.00	6.34	6.80

Fuente: Elaboración propia.